



UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



EFEITO DE UM ESTÍMULO SONORO EXTERNO NOS PARÂMETROS TEMPORAIS DA MARCHA EM CRIANÇAS COM HEMIPARÉSIA ESPÁSTICA

**Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento da
Criança na Variante de Desenvolvimento Motor**

Orientador: Professor Doutor João Manuel Pardal Barreiros

Júri:

Presidente

Professor Doutor João Manuel Pardal Barreiros

Vogais

Professor Doutor Raúl Alexandre da Silva Oliveira

Mestre Maria Elisabete Gomes da Silva Martins

**Marina Marcelino Domingues
2013**

Resumo

A estimulação rítmica sonora constitui uma técnica recente na reabilitação motora baseada na sincronização dos movimentos com um ritmo externo audível. Este acoplamento traduz-se numa melhoria da performance do padrão de marcha em indivíduos com distúrbios motores de origem neurológica. O objectivo deste estudo consiste em investigar os efeitos que a estimulação sonora produz nos parâmetros temporais da marcha de crianças com hemiparésia espástica. Para tal, recorreu-se a uma amostra de dez participantes com Paralisia Cerebral, com idades compreendidas entre seis e onze anos, com marcha autónoma e nível I na escala *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS). Os participantes realizaram um percurso de catorze metros, com e sem adição de estímulo sonoro externo. A recolha de dados foi realizada através de um acelerómetro triaxial; foram analisadas a duração do passo e da fase de apoio unipodal. Os resultados do estudo demonstraram que a amostra não apresentava assimetria temporal significativa entre os membros inferiores com e sem a introdução do estímulo sonoro. Da análise individual das crianças surgiu uma grande diversidade de efeitos, não se verificando uma tendência suficientemente forte para produzir resultados estatísticos enquanto grupo. Estudos futuros em crianças com maior compromisso motor e análise de outros parâmetros cinemáticos da marcha serão necessários para fundamentar a utilização desta técnica em Paralisia Cerebral.

Abstract

The *Rhythmic Auditory Stimulation* (RAS) is a recent tool in motor rehabilitation. It is based on the synchronization of movements with an external auditory pace. This phenomenon leads to an improvement in the performance of gait patterns in patients with neurologic motor disorders. This study's purpose was to investigate the effects of RAS on temporal asymmetry of gait in children with spastic hemiparesis. To this end, we used a group of ten participants with cerebral palsy, aged between six and eleven years, capable of walking without aid and with a level I in the *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS). The individuals were asked to walk a 14 meter walkway, with and without the external sound stimulus. Data collection was performed using a triaxial accelerometer. The duration of stride and one leg support phase were analyzed. Study results showed that these children did not have significant temporal asymmetry between lower limbs with or without the auditory stimuli. Several individual effects were, however, found without a baseline pattern. Future studies using children with greater motor impairment and analysis of other kinematic gait parameters are necessary for scientific support of this rehabilitation technique in Cerebral Palsy.

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação não teria sido possível sem o contributo permanente e incansável de várias pessoas. A todas elas, gostaria de prestar aqui os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor Doutor João Barreiros pela orientação deste trabalho, pelo seu rigor científico e por me ter cedido tempo que por vezes não tinha.

Ao Professor Doutor Raúl Oliveira, pela orientação, interesse e disponibilidade demonstrada ao longo de todo o processo de realização deste trabalho.

À Professora Doutora Ana Diniz pela ajuda prestada no tratamento estatístico e pela sua simpatia.

Ao Mestre Pedro Escudeiro por me ter demonstrado o funcionamento do acelerómetro e por ter interrompido as recolhas do seu doutoramento para que mo pudesse ceder.

Às fisioterapeutas do Centro de Paralisia Cerebral de Coimbra pela forma empenhada com que colaboraram e me ajudaram na recolha dos dados deste trabalho.

Ao João Pedro Crespo, por todo o apoio, carinho, motivação e, sobretudo, por suportar todas as minhas fases de “lado lunar” que este mestrado acarretou.

Aos meus pais, por tornarem isto tudo possível e por me apoiarem...sempre!

Muito obrigado a todos!

Índice Geral

RESUMO	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	IV
ÍNDICE GERAL	V
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	IX
INTRODUÇÃO	1
Apresentação do problema	1
Objectivo e pertinência do estudo	2
Estrutura do trabalho	2
PARTE I - REVISÃO DE LITERATURA.....	4
Paralisia Cerebral	4
Perspectiva Histórica.....	4
Caracterização e classificação.....	7
Etiologia e factores de risco	9
Prevalência	12
Modalidades Terapêuticas	14
Marcha	15
Geradores centrais de padrão.....	16
Fases da Marcha	17
Marcha na criança com hemiparésia espástica	18
Estimulação Rítmica Sonora	23
Metodologia	28
Desenho geral do estudo	28
Variáveis	28
Amostra	29
Instrumentos	29
Procedimentos	31
Análise estatística.....	32
Apresentação e análise de resultados	34
Caracterização da amostra	34
Parâmetros temporais da marcha dos participantes	36
Comportamento do membro inferior hemiparético	39
Comportamento do membro inferior não afectado	40
Diferenças hemilaterais	40
Indivíduo A (Hemiparésia direita).....	42
Indivíduo B (Hemiparésia direita).....	44
Indivíduo C (Hemiparésia direita).....	45
Indivíduo D (Hemiparésia esquerda).....	46

Indivíduo E (Hemiparésia esquerda)	47
Indivíduo F (Hemiparésia direita)	48
Indivíduo G (Hemiparésia direita).....	50
Indivíduo H (Hemiparésia direita).....	51
Indivíduo I (Hemiparésia direita)	52
Indivíduo J (Hemiparésia direita).....	53
Discussão de Resultados	55
CONCLUSÃO	61
APÊNDICES	66
Appendix A – Formulário de consentimento	66
Appendix B – Análise estatística dos parâmetros temporais da amostra segundo lado direito e esquerdo	68
Appendix C – Gráficos individuais da duração do passo e da fase de apoio unipodal	70

Índice de tabelas

Tabela 1: Caracterização da amostra segundo hemicorpo afectado.....	33
Tabela 2: Caracterização da amostra segundo o género.....	33
Tabela 3: Caracterização das variáveis idade, início da marcha autónoma e cadência.....	34
Tabela 4: Dados da última aplicação de toxina botulínica A.....	34
Tabela 5: Dados da última aplicação de gessos funcionais.....	34
Tabela 6: Frequência da realização de sessões de fisioterapia.....	34
Tabela 7: Duração média dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4.....	36
Tabela 8: Desvio padrão da duração média dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4.....	36
Tabela 9: Variância da duração média dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4.....	37
Tabela 10: Duração média da fase de apoio total do pé da amostra em t1, t2, t3 e t4.....	38
Tabela 11: Comparação dos parâmetros temporais do membro inferior hemiparético e não afectado.....	39
Tabela 12: Comparação da duração do passo em t1, t2, t3 e t4.....	41
Tabela 13: Comparação da duração da fase de apoio total do pé em t1, t2, t3 e t4.....	41
Tabela 14: Duração média dos passos do indivíduo A em t1, t2, t3 e t4.....	41
Tabela 15: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo A em t1, t2, t3 e t4.....	42
Tabela 16: Duração média dos passos do indivíduo B em t1, t2, t3 e t4.....	42
Tabela 17: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo B em t1, t2, t3 e t4.....	43
Tabela 18: Duração média dos passos do indivíduo C em t1, t2, t3 e t4.....	44
Tabela 19: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo C em t1, t2, t3 e t4.....	44
Tabela 20: Duração média dos passos do indivíduo D em t1, t2, t3 e t4.....	45
Tabela 21: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo D em t1, t2, t3 e t4.....	45
Tabela 22: Duração média dos passos do indivíduo E em t1, t2, t3 e t4.....	46
Tabela 23: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo E em t1, t2, t3 e t4.....	47
Tabela 24: Duração média dos passos do indivíduo F em t1, t2, t3 e t4.....	48
Tabela 25: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo F em t1, t2, t3 e t4.....	48
Tabela 26: Duração média dos passos do indivíduo G em t1, t2, t3 e t4.....	49

Tabela 27: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo G em t1, t2, t3 e t4.....	49
Tabela 28: Duração média dos passos do indivíduo H em t1, t2, t3 e t4.....	50
Tabela 29: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo H em t1, t2, t3 e t4.....	50
Tabela 30: Duração média dos passos do indivíduo I em t1, t2, t3 e t4.....	51
Tabela 31: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo I em t1, t2, t3 e t4.....	51
Tabela 32: Duração média dos passos do indivíduo J em t1, t2, t3 e t4.....	52
Tabela 33: Duração média da fase de apoio total do pé do indivíduo J em t1, t2, t3 e t4.....	52

Lista de siglas e abreviaturas

g - Gramas

GMFCS - *Gross Motor Function Classification System*

L2 - Segunda vértebra da coluna lombar

ms - Milissegundos

PC - Paralisia cerebral

RAS - *Rhythmic Auditory Stimulation*

S1 - Primeira vértebra da coluna sagrada

SCPE - *Surveillance of Cerebral Palsy in Europe*

T1 - Primeiro momento de avaliação do design experimental

T2 - Segundo momento de avaliação do design experimental

T3 - Terceiro momento de avaliação do design experimental

T4 - Quarto momento de avaliação do design experimental

Introdução

Apresentação do problema

Sendo o direito à saúde um conceito universalmente aceite e consagrado pelas mais diversas Constituições Nacionais, urge a necessidade de concentrar esforços na promoção da mesma, procurando assegurar o bem-estar biopsicossocial de um indivíduo ou população. Para isso, há que aliar, sempre que possível, os meios tecnológicos disponíveis à evidência científica existente, bem como ao conhecimento empírico adquirido ao longo dos anos. Desta forma torna-se possível aos profissionais de saúde prestarem serviços mais adequados e com melhor gestão de recursos.

Cientes da importância que uma intervenção adequada em crianças com Paralisia Cerebral pode ter, todo e qualquer estudo devidamente elaborado será um contributo na selecção de estratégias a usar para maximizar as capacidades dos indivíduos. Assegurar uma marcha independente e segura é uma das grandes “batalhas” neste tipo de população.

Da percepção que cada um de nós tem que, ao ouvir uma música, acabamos por nos “deixar levar” e executar tarefas, como caminhar, ao ritmo da mesma, resulta a “curiosidade” de saber se indivíduos com alterações do padrão de marcha alterados, devido a distúrbios neurológicos, são influenciados positivamente pela presença de estímulo sonoro de cadência constante.

Deste modo, o que acontece ao aplicar um estímulo sonoro externo na cadência da marcha em crianças com hemiparésia espástica (tipo particular de Paralisia Cerebral)?

Objectivo e pertinência do estudo

O presente estudo tem como principal objectivo caracterizar as eventuais adaptações que ocorrem na cadência da marcha de crianças com hemiparésia espástica durante a aplicação de um estímulo sonoro externo.

Deste modo, pretende-se analisar se, à semelhança do que ocorre no adulto com patologia do foro neurológico, os parâmetros temporais do membro inferior afectado se aproximam dos do membro contralateral, resultando assim numa melhoria da simetria temporal da marcha.

É também objectivo deste trabalho, investigar as possíveis variações no acoplamento com o ritmo externo decorrente do hemicorpo afectado (esquerdo ou direito), género, realização de gessos funcionais (*serial casting*), injeção de toxina botulínica e/ou intervenções cirúrgicas realizadas.

Pretende-se, desta forma, contribuir para a fundamentação da utilização da estimulação rítmica na reeducação da marcha em crianças com hemiparésia espástica por paralisia cerebral.

Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em quatro partes sequenciais: Introdução, Revisão da Literatura (Parte I), Estudo Empírico (Parte II) e Conclusão.

Na primeira parte, Introdução, é apresentado o problema que se pretende investigar, enunciados os objectivos do estudo e justificada a pertinência do trabalho.

Na Revisão da Literatura (Parte I) são abordados conceitos e noções sobre Paralisia Cerebral, padrão de marcha e estimulação rítmica sonora. Estes revelam-se essenciais para uma adequada compreensão do Estudo Empírico.

No Estudo Empírico (Parte II) são descritas as hipóteses, as variáveis, os materiais e os procedimentos utilizados na concretização do estudo. São também expostos os efeitos produzidos pelo estímulo sonoro nos parâmetros temporais da marcha dos participantes, sendo apresentados, analisados e discutidos os resultados, em conformidade com os objectivos estabelecidos no estudo. Nesta secção são ainda apontadas as limitações do estudo e sugeridas algumas recomendações para estudos futuros.

Na Conclusão pretende-se enumerar de forma sintética os resultados e detalhes importantes recolhidos e discutidos no Estudo Empírico (Parte II).

Parte I - Revisão de Literatura

Paralisia Cerebral

Perspectiva Histórica

A Paralisia Cerebral (PC) é uma condição patológica do neurodesenvolvimento, que persiste ao longo da vida. Trata-se da condição que mais frequente se associa à incapacidade neuromotora na infância (Koman, Smith & Shilt, 2004; Scholtes, Becher, Beelen, & Lankhorst, 2006).

As primeiras referências conhecidas desta condição remontam ao Antigo Egito, onde foram retratados indivíduos com manifestações de paralisia espástica. Contudo, a primeira descrição deste quadro clínico surgiu em 1843 por John Little. Este cirurgião ortopédico, motivado pela sua própria condição (pé equino resultante de poliomielite) dedicou a sua vida profissional à correção cirúrgica de tais deformidades e ao aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas sendo, ainda, o primeiro a identificar a paralisia espástica (Pakula, Braun, & Yeargin-Allsopp, 2009; Rotta, 2002; Scholtes, et al., 2006).

Além da sua descrição, Little (1862) salientou também a relação deste quadro com os eventos traumáticos e hipóxicos no momento do parto em *On the influence of abnormal parturition, difficult labor, premature birth and asphyxia neonatorum on the mental and physical condition of the child*.

O seu trabalho neste âmbito foi de tal importância que, por vários anos, a diplegia espástica era frequentemente identificada como a doença de Little (Kavčič, & Vodusek, 2005).

O termo paralisia cerebral (cerebral palsy) fora, presumivelmente, utilizado pela primeira vez por Sir William Olser que, em 1889, descreveu 151 indivíduos com a referida condição (Pakula, et al., 2009).

Também o conhecido psicanalista, Sigmund Freud, se evidenciou neste campo, utilizando o termo PC infantil como uma categoria nosográfica, que englobava os vários tipos de déficit motor infantil com origem numa lesão cerebral. Esta necessidade de criar um conceito mais global surgiu depois de ter realizado vários trabalhos com crianças hemiplégicas e, posteriormente, com o que designou de quadros de diplegia cerebral, em que a incapacidade abrangia a totalidade do corpo. Neste último grupo, distinguia quatro tipos: coreia generalizada e atetose bilateral; rigidez cerebral generalizada; rigidez paraplégica e hemiplegia bilateral (Bax, et al., 2005; Kavčič, & Vodusek, 2005; Pakula, et al., 2009; Rotta, 2002).

O conceito de Freud era tão abrangente e inovador para a época que defendia a inclusão de crianças com outras condições como atraso mental, problemas visuais ou epilepsia, mesmo que o comprometimento motor fosse mínimo (Kavčič, & Vodusek, 2005).

Também em termos etiológicos a sua visão afastava-se da de Little, uma vez que defendia que na base deste quadro clínico poderiam estar também anomalias no desenvolvimento neurológico intra-uterino, e não só os factores relacionados com partos traumáticos ou anóxia peri-natal. Deste modo, o autor considerou três grupos de causas possíveis para a PC: congénitos de origem maternal ou idiopáticos, pré-natais ou pós-natais (Kavčič, & Vodusek, 2005).

Com o intuito de facilitar a pesquisa científica e a partilha de conhecimento, a *American Academy of Cerebral Palsy* formado nos EUA em 1947 e o *Little Club* (grupo informal

de neurologistas) em Londres em 1957, procuraram definir uma terminologia e sistema de classificação universal para a PC (Kavčič, & Vodusek, 2005; Pakula, et al., 2009).

Em 1964, Bax, baseando-se num grupo internacional de trabalho, descreveu PC como uma disfunção do movimento e da postura causada por uma lesão no cérebro imaturo. Esta definição continua, ainda nos dias de hoje, a ser amplamente citada.

Outro conceito largamente conhecido foi criado por Mutch e seus colaboradores. Estes, caracterizaram a PC como um *umbrella term*, um conceito abrangente que englobava um grupo de síndromas de incapacidade motora não-progressivas, mas que se alteram frequentemente, resultantes de lesões ou anomalias no cérebro em estadios iniciais do seu desenvolvimento.

Nas últimas décadas, muitas outras definições têm sido sugeridas para este constructo e, embora nenhuma tenha reunido consenso científico, apresentam alguns elementos comuns: trata-se de uma síndrome abrangente de danos cerebrais com disfunção motora predominante, com associação de sintomas de cariz psicológico, comportamental e epilepsia (Bax, et al., 2005)

Actualmente, a definição que reúne maior aceitação teve origem no workshop internacional de definição e classificação de PC que decorreu em Junho de 2004:

Cerebral Palsy (CP) describes a group of disorders of the development of movement and posture, causing activity limitation, that are attributed to non-progressive disturbances that occurred in the developing fetal or infant brain. The motor disorders of cerebral palsy are often accompanied by disturbances of sensation, cognition, communication, perception, and/or behavior, and/or by a seizure disorder. (Bax, et al., 2005).

De salientar que, esta última definição valoriza a existência de comorbilidades e não apenas a componente motora. Estudos epidemiológicos revelaram que das crianças com PC analisadas cerca de 20% a 46% sofrem de epilepsia, 31% a 65% de deficiência mental, 2% a 6% de perda auditiva, 2% a 19% de problemas visuais e 28% a 43% de perturbações da fala e/ou linguagem. Outro estudo demonstrou ainda que cerca de 9% dos participantes apresentavam patologia do espectro de autismo (Lau, & Lao, 1999; Pakula, et al., 2009; Rotta, 2002).

O conhecimento destes problemas associados revela-se de extrema importância, não só na avaliação clínica, funcional e dos *skills* de cada indivíduo como também no planeamento adequado de uma intervenção multidisciplinar.

Caracterização e classificação

A PC, tal como referido anteriormente, consiste numa síndrome caracterizada por alterações da postura e do movimento. As crianças com esta condição apresentam como principais problemas neuromusculares a perda ou diminuição do controlo muscular selectivo, fraqueza muscular, alterações do tónus muscular, défice de equilíbrio, deformidades ósseas, desequilíbrios entre a actividade muscular agonista e antagonista, alterações da estrutura e comprimento muscular e locomoção dependente de actividade reflexa (Gage, & Novacheck, 2001; Guo, Su, & Chou, 2001; Koman, et al., 2004; Thiel, Meulenbroek, Smeets, & Hulstijn, 2002).

Para facilitar a monitorização da evolução clínica e a investigação científica, paralelamente à criação de uma definição, também se desenvolveram vários tipos de sistemas de classificação (Scholtes, et al., 2006; Dobson, Morris, Baker & Graham, 2007).

Uma das classificações utilizadas com maior frequência no meio clínico baseia-se na distribuição anatômica das disfunções motoras. Deste modo, pode ser classificada como hemiparésia (envolvimento de um membro superior e inferior ipsilaterais), diplegia (maior envolvimento dos membros inferiores do que superiores) ou tetraparésia (envolvimento dos quatro membros). Entende-se por parésia a redução do recrutamento voluntário de unidades motoras do tecido muscular esquelético, ou seja, incapacidade ou dificuldade em produzir voluntariamente movimento ou torque (Gracies, 2005a; Gracies, 2005b; Koman, et al., 2004; Pakula, et al., 2009; Rotta, 2002; Scholtes, et al., 2006).

Frequentemente, a classificação topográfica acima descrita, é conjugada com a classificação das disfunções motoras existentes, nomeadamente, espasticidade, rigidez, hipotonia, distonia ou apresentações mistas. As formas de Paralisia cerebral mais comuns são as parésias espásticas (Gage, & Novacheck, 2001; Koman, et al., 2004; Rotta, 2002; Scholtes, et al., 2006).

A espasticidade consiste num aumento de tónus muscular por hiperexcitabilidade dos fusos neuromusculares e consequente aumento do reflexo miotático. O aumento da espasticidade encontra-se dependente da velocidade do movimento, contudo, os estudos não são consensuais quanto à existência de uma proporcionalidade directa entre ambos (Gracies, 2005a; Guo, et al., 2001; Koman, et al., 2004; Mayer, 2002; Scholtes, et al., 2006; Sheean, 2002).

No presente estudo serão abrangidas crianças com hemiparésia espástica, que se julga constituir cerca de um terço dos casos de Paralisia Cerebral (SCPE, 2002).

A caracterização do quadro clínico pode ainda incluir a localização da lesão no sistema nervoso central (SNC), como por exemplo, periventricular, córtex cerebral, tronco cerebral, piramidal ou extra-piramidal (Pakula, et al., 2009).

As manifestações do comprometimento neurológico dependem da extensão e do tipo de lesão do SNC, da sua localização e da capacidade do mesmo para se reorganizar e recuperar (neuroplasticidade do sistema).

Por este motivo, torna-se muito difícil determinar com exactidão o prognóstico de um dado indivíduo através da análise dos exames complementares de diagnóstico.

Reconhecem-se, no entanto, algumas associações: a hemiplegia, geralmente, relaciona-se com lesões num único hemisfério cerebral, a diplegia com leucomalácia periventricular e a quadriplegia com lesões difusas do SNC (Koman, et al., 2004).

Na intervenção terapêutica em crianças com PC, os profissionais de saúde recorrem também a diferentes escalas e instrumentos de medida, adaptados a esta população, de modo a caracterizar e monitorizar a evolução clínica de cada caso. A escala Gross Motor Function Classification System, utilizada neste estudo como critério para constituição da amostra, consiste num sistema de classificação de cinco níveis que permite caracterizar as competências e restrições na funcionalidade motora global de cada criança (Palisano, Cameron, Rosenbaum, Walter & Russell, 2006).

Etiologia e factores de risco

O comprometimento do SNC, presente na PC, pode ocorrer devido a vários factores externos e/ou intrínsecos ao próprio indivíduo. Destes últimos, destaca-se o potencial genético herdado, isto é, a susceptibilidade para lesão mas, também, a capacidade e

ritmo de desenvolvimento do tecido neurológico (Guo, et al., 2001; Rotta, 2002; SCPE, 2002).

Os factores externos estão dependentes do momento em que actuam ou estão presentes. Assim, podem-se distinguir causas pré, peri ou pós-natais (Pakula, et al., 2009).

De entre as causas pré-natais evidenciam-se as malformações congénitas do sistema nervoso, doenças vasculares, infecções da mãe no primeiro e segundo trimestre da gravidez (como por exemplo rubéola, toxoplasmose e citomegalovírus), distúrbios metabólicos, síndromes genéticas e ingestão de toxinas por parte da mãe (Koman, et al., 2004; Pakula, et al., 2009; Reddihough, & Collins, 2003; Rotta, 2002).

Por sua vez, no período peri-natal, a lesão pode ocorrer por um episódio de anóxia ou hipóxia causada por complicações durante o parto (nestes casos será importante perceber se a lesão não ocorreu ainda no período gestacional), hipoglicémia grave e infecções neonatais graves (Koman, et al., 2004; Menticoglou, 2008; Reddihough, & Collins, 2003).

Por fim, a PC pode ser adquirida no período pós-natal devido a infecções, acidentes vasculares cerebrais, malformações pós-cirúrgicas e lesões acidentais (como acidentes de viação ou afogamentos) ou não-acidentais (por exemplo agressões físicas). Nos países em vias de desenvolvimento, doenças como a meningite, malária ou septicemia continuam a representar agentes etiológicos muito frequentes (Reddihough, & Collins, 2003; Rotta, 2002).

Além das causas conhecidas, acima mencionadas, existem ainda inúmeros factores de risco cuja associação e interdependência parecem resultar num aumento da incidência de PC.

Algumas características do historial clínico da mãe podem ser relevantes como uma menarca tardia, longos períodos intermenstruais, períodos entre gravidezes muito curtos ou demasiado longos, morte anterior de fetos, patologia da tiróide ou epilepsia.

Quando o progenitor da criança apresenta uma idade avançada, as formas atetóides e distónicas desta condição são mais comuns (Reddihough, & Collins, 2003).

Durante a gravidez vários eventos podem também aumentar a probabilidade de ter PC: malformações do cordão umbilical, diminuição da pressão parcial de oxigénio, tumores uterinos, diminuição da concentração de hemoglobina e mutações genéticas (factor V de Leiden ou no gene para a protrombina), ingestão de tiroxinas ou estrógeno e traumatismos na mãe, gravidez múltipla e problemas no desenvolvimento neurológico (Pakula, et al., 2009; Reddihough, & Collins, 2003).

As hemorragias antes do parto em crianças prematuras e pré-eclâmpsia em crianças de termo também constituem factores de risco (Reddihough, & Collins, 2003).

Aquando do parto, todos os acontecimentos que aumentem a probabilidade de asfixia neonatal constituem factores de risco. Assim, prolapso do cordão umbilical, hemorragias severas, partos traumáticos, longos ou instrumentados, desproporção céfalo-pélvica, apresentação anormal do bebé, distócia de ombros, descolamento prematuro ou baixo peso da placenta e ruptura prolongada das membranas são eventos a supervisionar com especial cuidado (Lau, & Lao, 1999; Reddihough, & Collins, 2003; Rotta, 2002).

A exposição a infecções pode também ser nociva para a criança, em especial se nascer de termo.

O risco de PC é igualmente maior quando a criança apresenta baixo peso à nascença, que se encontra intimamente dependente da idade gestacional e do crescimento intra-uterino. As crianças com um peso inferior a 1500g apresentam um risco setenta vezes maior de ter em PC que as que nascem com mais de 2500g (Pakula, et al., 2009).

A obtenção de valores reduzidos no Índice de Apgar (instrumento de avaliação das condições vitais do recém-nascido e da sua adaptação ao meio extra-uterino) que também poderá indicar um risco acrescido de possuir esta condição.

Se, depois de nascer, a criança for prematura, tiver convulsões, sepsia, problemas respiratórios ou for submetida a transfusões sanguíneas ou a ventilação invasiva prolongada poderá ter maior probabilidade de ter PC (Reddihough, & Collins, 2003).

Do ponto de vista socioeconómico, um baixo estatuto parental aumenta o risco de PC em crianças com peso normal à nascença.

Prevalência

Os estudos epidemiológicos desta condição são complexos de realizar, analisar, e comparar uma vez que, tal como referido anteriormente, não existe uma definição ou sistema de classificação único e estanque (Lau, & Lao, 1999; SCPE, 2002).

Estima-se, contudo, que, na Europa, cerca de 2 em cada 1000 nados vivos apresentem Paralisia Cerebral (Bax, et al., 2005; Koman, Smith & Shilt, 2004; Scholtes, et al., 2006; SCPE, 2002).

Estudos revelam também que a prevalência desta condição é maior para os indivíduos do sexo masculino do que no sexo feminino e em crianças de raça negra relativamente às caucasianas (Pakula, et al., 2009).

No estudo de 2002 da *Surveillance Cerebral Palsy in Europe* (SCPE), 85,7% das crianças apresentavam PC do tipo espástico (54,9% bilateral e 29,2% unilateral), 6,6% do tipo disquinético e 4,3% atáxico.

Ao contrário do que se poderia julgar, os avanços no meio tecnológico e médico não se traduziram numa redução da incidência desta condição. De facto, esta evolução contribuiu para uma maior sobrevivência de crianças prematuras ou com baixo peso à nascença, factores que, tal como referido anteriormente, contribuem para o aumento da prevalência de PC (Reddihough, & Collins, 2003).

A prevalência de PC em crianças com um peso à nascença inferior a 1500g varia, nos estudos consultados, entre 50,7 a 72,5 por mil nados vivos, em crianças com um peso compreendido entre 1500g e 2499g varia entre 6,2 a 11,1 por mil nados vivos, e para um peso superior a 2500g varia apenas entre 1,1 a 1,6 por mil nados vivos.

A idade gestacional à nascença é também um factor muito importante na prevalência de PC. Assim, para uma idade gestacional de 28 a 31 semanas a prevalência é de 35 a 79,5 por mil nados vivos, entre as 32 e 36 semanas de 4,9 a 8 por mil nados vivos e, por fim, com uma idade superior a 37 semanas varia entre 1,2 a 1,7 por mil nados vivos (Pakula, et al., 2009).

Modalidades Terapêuticas

A intervenção em PC e nas suas implicações multissistémicas, deverá ter como base uma visão holística do indivíduo inserido nos diferentes contextos em que participa. Assim, o plano de tratamento deverá ser realizado por um conjunto multidisciplinar de profissionais, tendo como objectivo alcançar a máxima autonomia e qualidade de vida possível para a criança (Gage, & Novacheck, 2001; Grunt, 2007)

O desenvolvimento médico-científico das últimas décadas tem permitido novas técnicas terapêuticas e de monitorização em PC. Novos métodos têm, assim, sido utilizados com vista à diminuição das alterações do tónus muscular, do movimento e da postura, podendo ter um efeito permanente ou reversível (Gage, & Novacheck, 2001)

No controlo da espasticidade são empregadas diferentes opções farmacológicas, como a administração oral, intramuscular ou através de uma bomba intratecal, de medicações antiespásticas como toxina botulínica, baclofen, diazepam e tizanidina (Elovic, 2001; Grunt, 2007; Koman, et al., 2004; Rotta, 2002).

Outra intervenção possível, para a modulação do aumento do reflexo de estiramento designa-se por rizotomia dorsal selectiva. Esta cirurgia consiste na secção selectiva de uma porção das raízes nervosas posteriores de L2 a S1 (Grunt, 2007; Koman, et al., 2004; MacLaughlin, 2002).

Como intervenções direccionadas para corrigir/minimizar as contracturas musculares e deformidades ósseas podem-se destacar a colocação de gessos funcionais (*serial casting*), a aplicação de ortóteses, a realização de tendinoplastias, cirurgias ortopédicas correctivas, entre outras (Koman, et al., 2004; Tilton, 2004).

Os benefícios dessas intervenções são potenciados pelo acompanhamento de uma equipa multidisciplinar de profissionais como fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, psicomotricistas e musicoterapeutas (Koman, 2004; Rotta, 2002).

Marcha

A marcha tem sido frequentemente descrita como uma sucessão contínua de estados de equilíbrio e desequilíbrio, da qual resulta uma sequência rítmica dos membros inferiores que deslocam o corpo no espaço, mantendo uma postura estável de sustentação do peso corporal (Gallahue & Ozmun, 2001; Payne & Isaacs, 1995).

Neste padrão, existe um contacto permanente com a superfície de suporte, isto é, ao contrário da corrida, não apresenta fase área.

A imaturidade de todos os sistemas inerentes ao controlo postural no bebé faz com que a marcha (padrão de locomoção bípede) apenas surja em média aos doze meses (variando entre os nove e os dezassete meses). Contudo, torna-se importante referir que apesar de a maturação desempenhar um papel crucial na aquisição da marcha autónoma, os factores ambientais como estimulação e *affordances* do meio são também essenciais para o desenvolvimento deste padrão fundamental de locomoção (Clark & Phillips, 1993; Gallahue & Ozmun, 2001; Ivanenko, Dominici, Capellini, & Lacquaniti, 2005).

Da mesma forma, o controlo postural é importante na sua aquisição, contudo, estudos sugerem que a própria experiência da marcha funcione como um *trigger* para a maturação deste padrão (Clark & Phillips, 1993; Ivanenko, et al., 2005).

A aquisição da marcha independente é um dos marcos do desenvolvimento mais importantes na vida da criança. Este padrão consiste no único meio de locomoção onde

os membros superiores se encontram livres para explorar e interagir com o meio circundante. Desta forma, a criança depois de ter adquirido marcha independente torna-se capaz de realizar um número infindável de experiências. Depara-se assim, com exigências de tarefas motoras totalmente novas para as quais tem de encontrar soluções e desenvolver novos comportamentos motores (Clark, & Phillips, 1993).

Geradores centrais de padrão

A locomoção requer uma grande e complexa coordenação espaço-temporal de forças activas e passivas e uma constante adaptação a obstáculos ou variáveis do contexto (Duysen, & Crommert, 1998; Mayer, 2002).

Esta tarefa “dantesca” é facilitada por um conjunto de redes neurais especializadas em actividades que se repetem sucessivamente no tempo, permitindo assim, que acções como respirar e mastigar pareçam simples e automáticas (Duysen, & Crommert, 1998; Kiehn, 2006; Marder, & Bucher, 2001).

Estas estruturas, presentes em todos os animais vertebrados, são responsáveis por criar e reproduzir um padrão motor ou parte do mesmo. Controlam, assim, a sequência de activação muscular e o *timing* em que esta ocorre, de modo a que seja possível a manutenção harmoniosa destas actividades complexas e rítmicas (Duysen, & Crommert, 1998; Kiehn, 2006; Mayer, 2002).

Tal como ocorre em outros movimentos rítmicos e cíclicos, estas redes neurais, aqui designadas por geradores centrais de padrão, desempenham um papel importante no padrão de marcha. (Duysen, & Crommert, 1998; Kiehn, 2006).

A localização exacta dos geradores centrais de padrão ainda suscita algumas dúvidas, contudo, os estudos realizados em mamíferos sugerem que estes se encontram ao nível da espinal medula e que possuímos pelo menos quatro (um correspondente a cada membro) (Kiehn, 2006; Mayer, 2002).

Pressupõe-se, ainda, que o gerador central de padrão correspondente ao membro inferior não-dominante seja o principal responsável pela determinação da cadência do movimento.

A actividade dos geradores centrais de padrão é iniciada, mantida e cessada por *inputs* supra-espinais, provenientes de neurónios do mesencéfalo e tronco cerebral. No entanto, são os geradores centrais de padrão que geram o ritmo do movimento e que determinam o padrão de contracção muscular (Duysen, & Crommert, 1998; Kiehn, 2006).

Depois do início da marcha, a informação aferente é transmitida à espinal medula e às estruturas supra-espinais. Alguns desses *inputs* actuam, no entanto, directamente sobre o gerador central de padrão facilitando assim, a transição entre as fases do ciclo e uma adaptação constante às *affordances* do meio.

Do mesmo modo, muitas das vias reflexas estimuladas pelo feedback aferente estão sobre o controlo dos geradores centrais de padrão, que modulam a actividade muscular no momento apropriado do ciclo (modulação dependente da fase) (Duysen, & Crommert, 1998; Mayer, 2002).

Fases da Marcha

Existem diferentes formas de caracterização da marcha, sendo que a mais comum subdivide este padrão em duas fases: fase de apoio (*stance*) e fase de balanço (*swing*).

Na fase de apoio, o pé do membro inferior considerado encontra-se em contacto com o solo/superfície de suporte; por sua vez, na fase de balanço, o membro observado encontra-se em progressão no espaço pelo que não se encontra em contacto com o solo.

Tal como referido anteriormente, a marcha é um movimento rítmico que resulta da alternância sucessiva de fase de apoio e de balanço, pelo que é comum dividi-la em ciclos para efectuar a sua análise. O ciclo de marcha consiste basicamente em dois passos, isto é, encontra-se compreendido entre o início de dois contactos com o solo sucessivos do membro inferior em estudo. Deste modo, em cada ciclo ocorrem dois períodos de apoio simples (apenas um membro inferior se encontra em contacto com o solo) e dois períodos de duplo apoio/*double support phase* (os dois pés encontram-se em simultâneo em contacto com o solo) (Bernstein, 1967; Payne, & Isaacs, 1995).

Em termos de duração, no padrão de marcha do adulto, a fase de apoio corresponde a 60% do ciclo e a de balanço a 40%. Num padrão de marcha normal, estas fases são simétricas entre os dois membros inferiores. A duração destas fases poderá, no entanto, ser variável em crianças que ainda não apresentam um padrão de marcha maturo, o que ocorre geralmente entre os cinco e os sete anos (Zonta, Júnior, Camargo, Dias, & Santos, 2010).

Marcha na criança com hemiparésia espástica

Os indivíduos com PC apresentam diferentes compromissos motores, que se reflectem na performance do padrão de marcha (Guo, et al., 2001; Koman, et al., 2004).

As crianças com hemiparésia espástica não são excepção, recorrendo-se por isso, muitas vezes, a sistemas de classificação como o desenvolvido por Winters e colaboradores, em 1987. Este, descrevera os quatro tipos de padrão de marcha tipicamente associados a estes indivíduos (Rodda, & Graham, 2001; Romkes, & Brunner, 2007).

No tipo 1, a marcha caracteriza-se por um pé pendente, facilmente perceptível na fase de balanço, devido à incapacidade de activar selectivamente a musculatura dorsiflexora do mesmo. Neste caso, não existe contractura e/ou encurtamento muscular pelo que, na fase de apoio, a flexão dorsal do pé apresenta amplitudes relativamente normais.

No tipo 2, a criança apresenta uma hiperextensão da anca e pé equino, associado a um encurtamento dos músculos flexores plantares, o que se traduz na manutenção da flexão plantar do pé ao longo de quase toda a fase de apoio. Dentro deste tipo, diferenciam-se ainda dois subtipos consoante o joelho se encontre numa posição neutra ou em *recurvatum* (tipo 2a e 2b, respectivamente). Este tipo de marcha é, segundo o autor, o mais comum.

O tipo 3 é caracterizado pela presença do pé equino, dificuldade em realizar flexão dorsal na fase de balanço e um joelho mantido numa posição fixa de flexão (como resultado de uma co-contracção excessiva dos músculos quadricípete e hamstrings e de uma possível estratégia para “encurtar” os membros inferiores).

Por fim, o tipo 4 é o padrão que apresenta maior compromisso motor proximal. Caracteriza-se por uma marcada assimetria, o joelho fixo numa posição de flexão, báscula anterior da bacia e flexão, abdução e rotação interna da anca (Rodda, & Graham, 2001; Romkes, & Brunner, 2007).

Estudos revelam que as alterações posturais mais comuns no padrão de marcha são, assim, o pé equino e em rotação interna e flexão excessiva do joelho na fase de apoio e

fixação do joelho com correspondente diminuição da amplitude de movimento na fase de balanço (Wren, Rethlefsen, & Kay, 2005).

Estas crianças apresentam um membro inferior rígido resultante não só da espasticidade mas também das alterações estruturais no tecido conjuntivo e muscular (tendões proporcionalmente maiores que o ventre muscular) o que potencia a produção de energia potencial elástica (Fonseca, Holt, Saltzman, & Fethers, 2001).

As crianças com hemiparésia espástica exibem ainda, na maioria dos casos, uma co-contracção excessiva (Damiano, Martellotta, Sullivan, Granata, & Abel, 2000; Fonseca, et al., 2001).

A co-contracção muscular pode se definida como a activação simultânea de grupos musculares agonistas e antagonistas numa mesma articulação e num mesmo plano. Mecanicamente, este padrão de activação aumenta a estabilidade articular, enquanto limita a produção de força agonista, limita os graus de liberdade da articulação e constitui um mecanismo que facilita a adaptação a situações imprevistas (Damiano, et al., 2000; Gracies, 2005b).

Apesar da sua ineficiência inerente, é uma estratégia motora frequentemente utilizada quando a tarefa exige uma maior estabilidade articular ou movimentos minuciosos e precisos. Este mecanismo apresenta também um carácter protector das estruturas musculares e ósseas envolvidas por exemplo em movimentos balísticos (Damiano, et al., 2000).

Contudo, quando a co-contracção é excessiva, pode constituir uma barreira à execução correcta do movimento e, em última instancia, à realização da própria tarefa. Tem assim, como efeitos negativos, um aumento dos gastos energéticos e alteração da qualidade e quantidade do movimento (Damiano, et al., 2000; Gracies, 2005b).

No entanto, a co-contracção excessiva pode também representar, para estas crianças, um mecanismo compensatório para aumentar a estabilidade articular, limitar os graus de liberdade ou para proporcionar prontamente uma resposta a perturbações (Damiano, et al., 2000; Gage, & Novacheck, 2001)

Da mesma forma, os padrões de marcha ditos não-funcionais, podem não ser mais do que o reflexo de estratégias de *coping*, em que o indivíduo explora as capacidades condicionadas que possui, minimizando os custos metabólicos. Por exemplo, na marcha, a elevação do centro de massa seguida de uma descida abrupta, sobre um pé em flexão plantar, aumenta a produção de energia potencial elástica, num processo semelhante ao que ocorre no padrão normal de corrida com o ciclo muscular de alongamento-encurtamento (Fonseca, et al., 2001; Gage, & Novacheck, 2001; Allen, Kautz, & Neptune, 2011).

Este padrão é também condicionado por um défice no equilíbrio unipodal, dificuldade na progressão do membro inferior envolvido e dificuldade em transferir o peso corporal para o membro inferior envolvido (Grunt, 2007; Zonta, et al., 2010).

A velocidade confortável para os indivíduos com hemiparésia espástica é semelhante à de crianças saudáveis, contudo, apresentam maior dificuldade em atingir velocidades mais elevadas (Fonseca, et al., 2001; Mayer, 2002).

De forma a compensar o seu equilíbrio precário, a marcha destas crianças poderá também ser caracterizada por uma cadência tendencialmente mais elevada (Zonta, et al., 2010).

Além das alterações acima referidas, o padrão de marcha, nestes casos, pode ser caracterizado por assimetria espacial e temporal (Mayer, 2002; Zonta, et al., 2010).

Assim, o ratio amplitude/frequência do passo é significativamente menor para o membro afectado, representando um comprimento do passo também menor no lado envolvido (Fonseca, et al., 2001; Zonta, et al., 2010).

Dependendo da severidade da condição, a duração da fase de apoio e de balanço poderão ser afectadas (Zonta, et al., 2010).

A distribuição não-uniforme do peso corporal pelos membros inferiores, poderá traduzir-se numa redução da percentagem de tempo da fase de apoio no membro inferior afectado, assim como na duração total do ciclo. A fase de apoio do membro inferior afectado será, assim, menor e a de balanço maior, quando comparada com o membro contralateral (Olney, Griffin, & McBride, 1994; Teixeira- Salmela, Goulart, Lima, Lima, & Moraes, 2005; Zonta, et al., 2010).

Os períodos de duplo apoio tendem a ser mais longos do que o esperado para a idade, e os de apoio unipodal menores, em especial para o membro envolvido (Kimura, Yaguramaki, Fujita, Ogiue-Ikeda, Nishizawa, & Ueda, 2005).

Alguns autores defendem que, a duração do período de apoio unipodal, poderá constituir um indicador mais sensível de instabilidade da marcha, dado que a sua duração é menor em crianças com um tónus muscular mais elevado (Sorsdahl, Moe-Nilssen, & Strand, 2008; Sutherland, Olshen, Cooper, & Woo, 1980; Zonta, et al., 2010).

Estimulação Rítmica Sonora

Ao longo dos anos, a musicoterapia tem utilizado a estimulação rítmica como ferramenta importante na intervenção em condições psicológicas, emocionais, cognitivas e como facilitador da aprendizagem. Contudo, actualmente, a estimulação rítmica tem vindo a ganhar maior visibilidade também na área da reabilitação motora (Mayer, 2002; Thaut, et al., 2009).

Defende-se actualmente, que a música poderá inclusive diminuir a percepção subjectiva de exaustão física e a acumulação de lactato (Schauer, & Mauritz, 2003).

Alguns estudos comprovaram que a utilização de ritmos audíveis melhora o *timing*, contribui para estabilidade dos mecanismos de regulação temporal e aumenta a variabilidade das respostas motoras (Prassas, et al., Thaut, McIntosh & Rice, 1997).

O papel da estimulação rítmica tem-se revelado particularmente importante no treino de actividades cíclicas e rítmicas, como a marcha.

Embora se desconheça o mecanismo neurofisiológico segundo o qual ocorre o acoplamento entre o ritmo sonoro externo e os *timekeepers* internos, é praticamente senso comum verificar essa sincronização. Basta, para tal, observarmos o comportamento motor das pessoas quando executam uma dada tarefa ao som de uma música (Baram & Miller, 2007; Prassas, et al., 1997).

A capacidade para sincronizar os movimentos do corpo com a música ocorre, frequentemente, de forma espontânea e intuitiva mesmo em indivíduos sem formação musical e não familiarizados com o tema em questão (Chen, Zatorre & Penhune, 2006; Mayer, 2002).

O acoplamento de estruturas rítmicas tem por base um mecanismo complexo e dinâmico de interconexões do sistema nervoso central (Ford, Wagenaar & Newell, 2007; Molinary, Leggio, & Thaut, 2007).

Várias têm sido as hipóteses explicativas deste fenómeno mas nenhuma reuniu consenso científico.

Desta forma, alguns estudos salientam o papel da via reticuloespinal na modulação do ritmo e da intensidade com que os motoneurónios da espinal medula são activados. Outros, realçam também a actividade do córtex pré-motor e dos gânglios da base aquando da modulação rítmica (Baram & Miller, 2007; Molinary, Leggio, & Thaut, 2007; Prassas, et al., 1997).

A importância do cerebelo tem, também, sido evidenciada sobretudo na realização de tarefas sensoriomotoras complexas e na aprendizagem de novas actividades rítmicas. Apesar de, inicialmente, ter sido apontado como um dos principais intervenientes na sincronização sensoriomotora, sabe-se hoje que não actua neste processo como um agente primário, mas sim, como uma estrutura que optimiza o processo de acoplamento e que permite a aquisição de novos skills rítmicos (Molinary, et al., 2007; Thaut, et al., 2009).

Será importante referir que a estimulação rítmica funciona segundo um sistema de *feedforward*, pelo que o estímulo deverá ser previsível para que ocorra o processo de antecipação (Molinary, et al., 2007).

Verificou-se que no adulto, com ou sem patologia associada, o acoplamento de estruturas rítmicas ocorre mais facilmente com estímulos sonoros do que visuais (Arias, & Cudeiro, 2008; Chen, et al., 2006; Harrar, & Harris, L. 2008; Repp, & Penel, 2004).

A estimulação rítmica tem sido utilizada como auxiliar da reabilitação motora ao nível da marcha em indivíduos com diferentes patologias do foro neurológico, nomeadamente, Doença de Parkinson, status pós Acidente Vascular Cerebral, Huntington Chorea e Esclerose Múltipla (Baram & Miller, 2007; Chen, et al., 2006; Ford, et al., 2007; Prassas, et al., 1997; Thaut, McIntosh. & Rice, 1997; Thaut, Miltner, Lange, Hurt & Hoemberg, 1999).

Sugere-se que, o ritmo externo poderá funcionar como um “marca-passo” que ajuda a estabilizar os geradores centrais de padrão, afectados pela condição patológica do indivíduo (Thaut, et al., 1996).

Os estudos realizados nas populações acima indicadas demonstraram que a estimulação rítmica sonora incorre não só numa normalização das medidas temporais como também nos parâmetros cinemáticos do padrão de marcha (Prassas, et al., 1997).

De um modo geral, os estudos demonstraram uma normalização na simetria do tempo do passo, do comprimento do passo e das amplitudes articulares. Verificaram ainda, uma menor deslocação vertical do centro de massa, um aumento da velocidade e aproximação dos padrões de activação muscular (Chen, et al., 2006; Ford, et al., 2007).

Nos estudos realizados em populações adultas com hemiplégia espástica subsequente de acidentes vasculares cerebrais, um programa de estimulação rítmica sonora traduziu-se numa melhoria da simetria temporal e num aumento da velocidade, cadencia e do comprimento do passo. Estes, demonstraram ainda que num treino mais longo (6 *versus* 3 semanas) os resultados obtidos são superiores (Thaut, et al., 1997; Thaut, et al., 2007).

Também a marcha de indivíduos com Doença de Parkinson é beneficiada por esta estratégia. Na realidade, surgem melhorias nos dois problemas-chave deste padrão: velocidade e comprimento do passo (Thaut, et al., 1996).

Os resultados em pacientes com a doença de Huntington foram menos significativos que nas condições descritas anteriormente, uma vez que os processos rítmicos são comprometidos desde as fases mais iniciais da mesma. Assim, quanto maior a severidade do caso menos relevante se mostrou a RAS. Contudo, verificou-se que alcançavam uma maior velocidade quando estimulados por um metrônomo em detrimento de uma música (Thaut, et al., 1999).

No âmbito da sincronização rítmica, Schauer e Mauritz (2003) investigaram a influência de um ritmo externo como um mecanismo de feedback à marcha dos participantes com hemiplegia. Também aqui, se constatou que, comparativamente à reabilitação convencional, o feedback musical resultava numa melhoria superior do comprimento do passo, da velocidade e da simetria temporal.

Este último método, fora também experimentado numa população de indivíduos com Esclerose Múltipla, tendo-se verificado um aumento da velocidade da marcha que fora atribuído, em parte, a uma diminuição do tempo de reacção das unidades motoras (Baram & Miller, 2007).

Resumindo, a estimulação rítmica contribuiu de uma forma global para uma maior eficiência mecânica e de controlo neuromuscular da marcha.

Tal como referido anteriormente, os estudos realizados neste âmbito recorrem essencialmente a populações adultas. No entanto, um estudo realizado em crianças com Paralisia Cerebral demonstrou que a realização de um treino com estimulação rítmica resulta em benefícios bastante semelhantes aos do adulto. Assim, os participantes alcançaram uma velocidade superior, aumentaram o comprimento do passo e reduziram a assimetria existente na duração do passo (Kwack, 2007).

Neste último, assim como na maioria dos estudos realizados em populações adultas, os participantes realizaram um treino de estimulação rítmica entre os dois momentos de avaliação. Nos momentos de avaliação, propriamente dita, não tinham qualquer estímulo sonoro.

No presente estudo, contrariamente, pretendeu-se avaliar os efeitos imediatos do estímulo sonoro, verificando em que medida se dá o acoplamento rítmico com os geradores centrais de padrão na marcha e o sistema motor em crianças com hemiparésia espástica com marcha autónoma.

Parte II – Estudo Empírico

Metodologia

Desenho geral do estudo

O presente estudo utilizou um *times series design*, sendo constituído por um único momento de avaliação (estudo transversal). Neste, a criança realizou um percurso de catorze metros por quatro vezes.

A primeira vez (T1), realizou-se sem qualquer estímulo, solicitando à criança que andasse numa cadência confortável. Esta cadência foi calculada e utilizada posteriormente como valor referência para a estimulação rítmica.

Na segunda (T2) e terceira avaliações (T3) introduziu-se o estímulo sonoro.

Por fim, realizou-se uma quarta avaliação (T4) sem ritmo externo, de forma a investigar a possível retenção dos efeitos da estimulação rítmica.

O local seleccionado para a selecção da amostra e recolha de dados foi o Núcleo da região Centro - Centro de Paralisia Cerebral de Coimbra.

Variáveis

Para caracterização da amostra, foram utilizadas no presente estudo as seguintes variáveis independentes: idade, género, hemicorpo afectado, idade de início da marcha autónoma, tempo decorrido desde a última colocação de gessos funcionais, frequência das sessões de fisioterapia, intervenções cirúrgicas realizadas, tempo decorrido desde a última injeção de toxina botulínica e cadência média da marcha.

As variáveis dependentes do trabalho foram a duração do passo e do apoio unipodal do membro inferior esquerdo e do membro inferior direito.

Amostra

Para realização do trabalho de campo foi constituída uma amostra de 10 participantes com idades compreendidas entre os seis e os onze anos.

Todas as crianças apresentavam um diagnóstico de paralisia cerebral, com um quadro clínico de hemiparésia espástica.

Os participantes realizavam marcha autónoma sem qualquer ajuda mecânica ou humana, correspondendo a um nível I ou II da escala *GMFCS* (disponível em www.canchild.ca). A utilização de talas seria permitida segundo os critérios da escala, contudo, nenhuma das crianças possuía ortóteses.

Uma vez que a amostra era constituída por crianças, além do consentimento verbal dos participantes, solicitou-se aos pais/tutores que preenchessem uma declaração escrita de consentimento livre e informado (Appendix A).

Foi utilizada uma técnica de amostragem por conveniência.

Instrumentos

Os dados relativos à caracterização da amostra foram recolhidos através da consulta dos processos clínicos das crianças e registados numa ficha construída para o efeito. A *GMFCS* foi aplicada por fisioterapeutas *experts* na área da neuropediatria, de forma a assegurar uma selecção adequada dos participantes. Este instrumento consiste num

sistema válido e fiável de classificação da funcionalidade das crianças em cinco níveis (sendo o nível V correspondente a um maior compromisso motor). A GMFCS debruça-se essencialmente na análise da marcha tendo em conta os diferentes ambientes, distância percorrida, níveis do solo e utilização de auxiliares de marcha (Palisano, et al., 2006).

Os parâmetros de análise do padrão de marcha, nomeadamente a cadência, foram recolhidos pelo *xyzPlux triaxial accelerometer*®. Trata-se de um dispositivo com dois acelerómetros que recolhe as acelerações com uma frequência de 1000Hz nos três eixos, de cada membro inferior. O sistema de aquisição do sinal dos acelerómetros foi colocado junto à região sagrada de cada participante através da utilização de um cinto elástico de largura e altura reguláveis.

Para a introdução do estímulo sonoro foi utilizado um metrónomo digital *Korg MA-30*®. Para que este estímulo fosse facilmente audível em todo o percurso, o metrónomo encontrava-se conectado a uma coluna com amplificador incluído *Alesis TransActive 50*®.

A recolha das imagens foi realizada por uma câmara de vídeo digital *Canon MV750i*® que estava colocada num ponto fixo do percurso. Apenas se focou a face posterior do tronco e membros inferiores de forma a garantir o anonimato dos participantes.

Recorreu-se ainda a um cronómetro digital para cronometrar a primeira avaliação e posteriormente calcular a sua cadência média.

Procedimentos

Após a recolha dos dados clínicos das crianças e dos consentimentos informados dos seus tutores, procedeu-se ao trabalho experimental propriamente dito.

Para tal, o percurso de catorze metros foi assinalado no chão com o auxílio de uma fita métrica. O seu início e fim encontravam-se definidos através da colocação de fita adesiva preta e de dois pinos laranja.

Antes de realizar as quatro avaliações, descritas anteriormente, foram mostrados à criança os diferentes instrumentos e explicados os procedimentos.

Os acelerómetros encontravam-se fixos com fita adesiva na face posterior dos calcanhares do participante (como demonstrado na figura 1).



Figura 1: Colocação dos acelerómetros na face posterior dos calcanhares

A criança era instruída para permanecer imóvel no início do percurso até que o investigador lhe pedisse para iniciar a marcha.

Na primeira avaliação, solicitou-se à criança que caminhasse num ritmo que lhe fosse confortável. O investigador cronometrou este percurso e contou o número de passos dados de forma a calcular a cadência da marcha, que fora registada na ficha dos dados clínicos de cada participante.

De seguida, foram realizadas duas avaliações com a introdução do estímulo sonoro dado pelo metrónomo, com a cadência previamente calculada, para que a ritmo “imposto” fosse confortável para o participante. O som do metrónomo correspondeu a um compasso binário, com dois sons distintos para o primeiro e segundo tempos, de forma a facilitar a percepção de ritmo (Prassas, et al., 1997).

As primeiras três avaliações foram espaçadas de aproximadamente dois minutos cada.

A quarta avaliação foi realizada sem qualquer estímulo sonoro e cerca de dez minutos após ter terminado a avaliação anterior.

Todas as avaliações foram filmadas.

Na análise dos dados recolhidos, apenas foram extraídos os valores correspondentes aos dez passos centrais da série temporal de modo a eliminar possíveis contaminações das fases de aceleração e desaceleração, no início e no final do percurso efectuado.

Análise estatística

A caracterização e descrição das variáveis em estudo foram efectuadas através de tabelas de frequência e medidas de tendência central e de dispersão.

Em todos os testes efectuados, recorreu-se a uma estatística não-paramétrica uma vez que, atendendo à reduzida dimensão da amostra, não se reconhece uma normalidade assintótica.

Foi utilizado, em todo o tratamento de dados, um intervalo de confiança de 95% e um correspondente nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Para o registo, tratamento estatístico e análise dos resultados, foi utilizado o *software* *Statistic Package for Social Sciences version 18.0 for Windows (SPSS Inc.)*.

O comportamento de um membro inferior, esquerdo ou direito, ao longo dos quatro momentos de avaliação foi analisado recorrendo ao teste estatístico de *Friedman*.

De forma a inferir sobre a simetria hemilateral dos parâmetros temporais da amostra e de cada participante foi utilizado o teste de *Wilcoxon*.

A influência de variáveis independentes, como a frequência das sessões de fisioterapia, a data da última aplicação de toxina botulínica ou de gessos funcionais, sobre os parâmetros avaliados foi verificada recorrendo ao teste estatístico *Kruskal-Wallis*.

O teste de *Mann-Whitney-Wilcoxon* foi utilizado para apurar a preponderância que a lateralidade do comprometimento motor (hemiparésia esquerda ou direita) sobre o padrão de marcha nas diferentes condições de teste.

Os valores correspondentes a T4, para o indivíduo G foram comprometidos por um problema técnico inerente ao acelerómetro, pelo que não foram alvo de tratamento estatístico.

Apresentação e análise de resultados

Caracterização da amostra

Como referido anteriormente, seleccionaram-se dez indivíduos que obedeciam aos critérios de inclusão exigidos.

Apesar de não constituir critério de inclusão, todos eles apresentavam um nível I da escala GMFCS e nenhum tinha realizado previamente qualquer intervenção cirúrgica.

De forma a possibilitar a caracterização da amostra, recorremos às seguintes variáveis independentes: hemicorpo afectado, género, idade actual, idade de início da marcha autónoma (em meses), cadência da marcha numa velocidade confortável ao indivíduo, tempo decorrido desde a última colocação de gessos funcionais, tempo decorrido desde a última injeção de toxina botulínica A e frequência da realização de sessões de fisioterapia.

A amostra ficou constituída por oito indivíduos com hemiparésia direita e dois com hemiparésia esquerda (tabela 1). Quanto o género, quatro participantes eram do sexo masculino e seis eram no sexo feminino (tabela 2). De realçar que os dois casos de hemiparésia esquerda correspondiam a elementos do sexo feminino.

Hemiparésia	Frequência	Percentagem	Percentagem Cumulativa
Direita	8	80,0	80,0
Esquerda	2	20,0	100,0
Total	10	100,0	

Tabela 1: Caracterização da amostra segundo hemicorpo afectado

Género	Frequência	Percentagem	Percentagem Cumulativa
Masculino	4	40,0	40,0
Feminino	6	60,0	100,0
Total	10	100,0	

Tabela 2: Caracterização da amostra segundo o género

Relativamente à idade, a amostra selecionada variou entre os 6 e os 11 anos, sendo a média da mesma $8,90 \pm 1,79$ anos. A idade no início da marcha autónoma situou-se entre 21 e 41 meses (tendo como média o valor $26,88 \pm 7,43$ meses). Relativamente a este último parâmetro, não foi possível a sua obtenção para dois dos participantes do estudo, por não constarem nos registo clínicos dos mesmos.

Do cálculo da razão entre o número de passos por tempo decorrido, resultou a cadência da marcha numa velocidade confortável (passos/minuto). Esta apresentou um valor médio de $112,70 \pm 14,55$ passos/minuto, variando entre os valores 95 e 135 passos/minuto.

Os dados acima descritos encontram-se representados na tabela 3.

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade	10	6	11	8,90	1,79
Início da marcha*	8	21	41	26,88	7,43
Cadência	10	95	135	112,70	14,55

Tabela 3: Caracterização das variáveis idade, início da marcha autónoma e cadência. *Em dois casos não havia informação clínica sobre a idade de início da marcha autónoma

Ainda relativamente à caracterização do grupo pôde-se verificar que, dos dez indivíduos que o compõem, cinco nunca foram sujeitos a aplicação de toxina botulínica A, quatro fizeram a sua aplicação há mais de seis meses e apenas um fez a aplicação há menos de seis meses. Relativamente à aplicação de gessos funcionais, quatro nunca colocaram, dois colocaram há menos de seis meses e quatro colocaram há mais de seis meses. Por fim, duas crianças não realizavam fisioterapia, uma realizava uma sessão de quinze em quinze dias e sete realizavam uma sessão por semana. Os dados descritos estão demonstrados nas tabelas que se seguem (tabela 4, 5 e 6).

Última aplicação de toxina botulínica	Frequência	Percentagem	Percentagem Cumulativa
Nunca realizou	5	50,0	50,0
Há menos de 6 meses	1	10,0	60,0
Há mais de 6 meses	4	40,0	100,0
Total	10	100,0	

Tabela 4: Dados da última aplicação de toxina botulínica A

Última aplicação de gessos	Frequência	Percentagem	Percentagem Cumulativa
Nunca realizou	4	40,0	40,0
Há menos de 6 meses	2	20,0	60,0
Há mais de 6 meses	4	40,0	100,0
Total	10	100,0	

Tabela 5: Dados da última aplicação de gessos funcionais

Frequência de fisioterapia	Frequência	Percentagem	Percentagem Cumulativa
Não realiza	2	20,0	20,0
Quinzenal	1	10,0	30,0
Semanal	7	70,0	100,0
Total	10	100,0	

Tabela 6: Frequência da realização de sessões de fisioterapia

Parâmetros temporais da marcha dos participantes

No primeiro momento de avaliação, em que foi solicitado aos participantes que realizassem o percurso a uma velocidade confortável, a duração média do passo para o membro inferior hemiparético foi de $1055,28 \pm 144,34$ ms e para o membro inferior não afectado de $1052,24 \pm 135,52$ ms.

Em T2, seguindo o desenho experimental do estudo, foi adicionado o metrónomo. Aqui, o valor médio da duração do passo foi de $1037,29 \pm 110,09$ ms para membro inferior hemiparético e de $1037,31 \pm 108,09$ ms para o membro inferior não afectado.

Relativamente ao terceiro momento de avaliação, ainda com o estímulo sonoro, a duração média do passo foi de $1051,31 \pm 153,45$ ms para membro inferior hemiparético e de $1044,65 \pm 147,97$ ms para o membro inferior não afectado.

Após a remoção do estímulo do metrónomo, em T4, o membro inferior hemiparético apresentou uma duração média do passo de $1071,44 \pm 88,98$ ms e o membro inferior não afectado de $1079,07 \pm 93,99$ ms.

Os valores máximos e mínimos das médias de duração do passo dos participantes, assim como as médias e desvios-padrão nos quatro momentos do estudo estão representados na tabela 7.

Nas tabelas 8 e 9 encontram-se expostos, respectivamente, os valores do desvio padrão e variância correspondentes à duração do passo.

Duração média do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior hemiparético t1	10	875,20	1274,40	1055,28	144,34
Membro inferior não afectado t1	10	884,30	1238,20	1052,24	135,52
Membro inferior hemiparético t2	10	901,30	1196,60	1037,29	110,99
Membro inferior não afectado t2	10	897,80	1188,20	1037,31	108,09
Membro inferior hemiparético t3	10	888,60	1275,20	1051,31	153,45
Membro inferior não afectado t3	10	885,50	1271,10	1044,65	147,97
Membro inferior hemiparético t4	9	911,40	1172,00	1071,44	88,98
Membro inferior não afectado t4	9	909,60	1182,60	1079,07	93,99

Tabela 7: Duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

Desvio padrão da duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior hemiparético t1	10	15,11	60,77	39,98	15,31
Membro inferior não afectado t1	10	21,68	137,09	53,21	32,84
Membro inferior hemiparético t2	10	24,32	90,70	48,54	24,57
Membro inferior não afectado t2	10	20,38	82,06	46,82	24,78
Membro inferior hemiparético t3	10	16,13	82,63	42,11	20,24
Membro inferior não afectado t3	10	17,79	140,50	43,99	35,84
Membro inferior hemiparético t4	9	20,42	88,14	50,79	22,45
Membro inferior não afectado t4	9	19,29	92,69	55,40	22,44

Tabela 8: Desvio padrão da duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

Variância da duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior hemiparético t1	10	228,44	3692,40	1810,61	1240,20
Membro inferior não afectado t1	10	470,04	18793,21	3802,19	5413,35
Membro inferior hemiparético t2	10	591,33	8226,71	2899,64	2765,91
Membro inferior não afectado t2	10	415,29	6734,18	2744,45	2532,13
Membro inferior hemiparético t3	10	260,27	6828,01	2141,72	1952,20
Membro inferior não afectado t3	10	316,40	19739,21	3091,48	5897,80
Membro inferior hemiparético t4	9	416,93	7768,32	3027,24	2425,68
Membro inferior não afectado t4	9	372,10	8591,38	3517,08	2624,88

Tabela 9: Variância da duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

A duração média da fase em que o pé se encontra em total apoio no solo foi, em T1, para o membro inferior hemiparético, de $333,02 \pm 75,20$ ms e para o membro inferior não afectado de $321,70 \pm 102,60$ ms. No segundo momento de avaliação, estes valores foram

de $340,92 \pm 57,30$ ms para o membro inferior hemiparético e de $329,18 \pm 98,94$ ms para o membro inferior não afectado. Em T3, este parâmetro foi de $349,70 \pm 82,15$ ms no lado hemiparético e de $333,07 \pm 106,70$ ms no lado não afectado. No último período de avaliação, a média do apoio total atingiu $332,82 \pm 58,16$ ms no lado hemiparético e de $361,93 \pm 77,77$ ms no lado não afectado (tabela 10).

Duração média da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior hemiparético t1	10	240,70	434,30	333,02	75,20
Membro inferior não afectado t1	10	236,30	582,10	321,70	102,60
Membro inferior hemiparético t2	10	270,40	434,70	340,92	57,30
Membro inferior não afectado t2	10	252,70	581,40	329,18	98,94
Membro inferior hemiparético t3	10	224,00	455,60	349,70	82,15
Membro inferior não afectado t3	10	218,60	573,10	333,07	106,70
Membro inferior hemiparético t4	9	230,90	404,30	332,82	58,16
Membro inferior não afectado t4	9	271,60	503,50	361,93	77,77

Tabela 10: Duração média em ms da fase de apoio total do pé da amostra em t1, t2, t3 e t4

De salientar que em T4, por motivos técnicos, os dados referentes a um dos indivíduos da amostra foram comprometidos, não sendo por isso incluídos no presente estudo.

Comportamento do membro inferior hemiparético

Após análise estatística dos valores médios apresentados pelos participantes relativos ao membro inferior hemiparético, verificou-se que não existem diferenças significativas entre os 4 momentos de avaliação (*p-value* $p > 0,05$). Assim, a duração do passo

($p=0,896$), o desvio padrão da duração do passo ($p=0,137$), a variância da duração do passo ($p=0,137$), o quociente entre a média e o desvio padrão do passo ($p=0,115$), o quociente entre a média e a variância da duração do passo ($p=0,108$) e a duração da fase de apoio total do pé ($p=0,865$) não sofreram alterações significativas nas diferentes condições de teste (com ou sem o metrónomo).

Comportamento do membro inferior não afectado

A ausência de diferenças estatísticas nos parâmetros temporais entre T1, T2, T3 e T4 também se verificou para o membro inferior não afectado. A duração do passo apresentou um *p-value* de $p=0,877$, o desvio padrão da duração do passo um *p-value* $p=0,072$, a variância da duração do passo um *p-value* de $p=0,072$, o quociente entre a média e o desvio padrão do passo um *p-value* de $p=0,182$, o quociente entre a média e a variância da duração do passo um *p-value* de $p=0,129$ e, por fim, a duração da fase de apoio total do pé manifestou um *p-value* de $p=0,392$.

Diferenças hemilaterais

A duração média do passo demonstrou diferenças estatísticas, entre o lado hemiparético e o lado não afectado, no terceiro momento de avaliação (segundo momento em que se adiciona o estímulo sonoro) e no quarto momento de avaliação (momento em que é removido o estímulo sonoro). Nestes, o *p-value* foi respectivamente de $p=0,019$ e $p=0,038$.

A comparação dos dados relativos aos restantes valores temporais da marcha segundo hemicorpos, traduziu-se numa não rejeição da hipótese nula (*p-value* $p>0,05$), ou seja,

as medianas correspondentes ao membro inferior hemiparético e ao não afectado são idênticas estatisticamente, tal como se pode constatar na tabela 11 que se segue.

Diferenças hemilaterais (<i>p-value</i>)	Duração do passo (ms)	Desvio padrão da duração do passo	Variância da duração do passo	Média/desvio padrão do passo	Média/variância do passo	Duração da fase de apoio total do pé
T1	0,240	0,074	0,139	0,093	0,114	0,799
T2	0,959	0,333	0,333	0,386	0,386	0,445
T3	0,019	0,575	0,575	0,799	0,959	0,508
T4	0,038	0,953	0,953	0,859	0,859	0,173

Tabela 11: Comparação dos parâmetros temporais do membro inferior hemiparético e não afectado.

De modo a confirmar se o lado do membro inferior (esquerdo ou direito) não iria “contaminar” os resultados obtidos, o mesmo tratamento estatístico foi realizado sobre os dois grupos, separadamente. Concluiu-se, que não existem diferenças estatísticas com excepção do terceiro momento de avaliação com $p\text{-value}=0,028$ (dados apresentados no Appendix B).

Verificou-se estatisticamente, também, que as variáveis género, frequência das sessões de fisioterapia, tempo decorrido desde a última colocação de gessos funcionais e tempo decorrido desde a última injeção de toxina botulínica não interferiram com os diferentes parâmetros temporais para ambos os membros inferiores.

Dado que, para a análise estatística apenas foram utilizados valores médios correspondentes a cada participante, e que as actividades motoras da criança sobretudo com PC são, frequentemente, caracterizadas por uma grande variabilidade, optou-se por realizar também uma análise individual, abaixo descrita.

Relativamente às assimetrias temporais individuais entre o membro inferior hemiparético e não afectado, não se verificaram diferenças estatisticamente relevantes em nenhuma das condições de teste ($p\text{-value} p>0,05$). Assim, podemos presumir que a

diferença encontrada em T3 e T4 na análise de grupo é provalvemente apenas um resultado adverso e falacioso da utilização de valores médios, não sendo representativa da realidade.

Apesar de não se verificarem diferenças em termos estatísticos, os valores descritos nas tabelas 14 a 32, revelam, contudo, algumas diferenças nos valores absolutos dos parâmetros de cada participante.

Realizaram-se, igualmente, testes para tentar compreender o comportamento de cada membro inferior nos quatro momentos. Obtiveram-se diferenças significativas (*p-value* $p > 0,05$) em todos os indivíduos como se demonstra nas tabelas 12 e 13.

Duração do passo (p-value)	Ind A	Ind B	Ind C	Ind D	Ind E	Ind F	Ind G	Ind H	Ind I	Ind J
Membro inferior hemiparético	0,009	0,000	0,000	0,000	0,107	0,000	0,045	0,000	0,000	0,017
Membro inferior não afectado	0,118	0,001	0,001	0,008	0,437	0,000	0,001	0,018	0,000	0,029

Tabela 12: Comparação da duração do passo em t1, t2, t3 e t4.

Duração da fase de apoio total do pé (p-value)	Ind A	Ind B	Ind C	Ind D	Ind E	Ind F	Ind G	Ind H	Ind I	Ind J
Membro inferior hemiparético	0,001	0,020	0,029	0,000	0,090	0,003	0,027	0,000	0,022	0,564
Membro inferior não afectado	0,782	0,339	0,070	0,000	0,038	0,000	0,009	0,029	0,228	0,005

Tabela 13: Comparação da duração da fase de apoio total do pé em t1, t2, t3 e t4.

De seguida, realizou-se o teste não-paramétrico de comparações múltiplas para identificar as alterações responsáveis pela rejeição da hipótese nula. Aqui, encontrou-se uma grande variabilidade de respostas, pelo que cada caso será exposto de forma isolada.

Indivíduo A (Hemiparésia direita)

Ao observarmos os dados da tabela 14, podemos verificar que a diferença da variância da duração do passo entre os dois membros inferiores é maior em T1. Relativamente à

duração do apoio total do pé, tabela 15, podemos também verificar que o seu valor médio é maior no membro envolvido que no membro contralateral, quando se adiciona o estímulo externo, contrariamente ao que se verifica em T1 e T4.

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	979	1221	1104,40	65,243	4256,711
Membro inferior hemiparético t1	10	1047	1168	1102,30	39,384	1551,122
Membro inferior não afectado t2	10	1077	1304	1151,90	64,733	4190,322
Membro inferior hemiparético t2	10	1065	1262	1168,00	68,321	4667,778
Membro inferior não afectado t3	10	1134	1300	1203,80	44,701	1998,178
Membro inferior hemiparético t3	10	1137	1328	1204,80	53,011	2810,178
Membro inferior não afectado t4	10	1050	1228	1182,60	59,035	3485,156
Membro inferior hemiparético t4	10	1080	1264	1172,00	58,856	3464,000

Tabela 14: Duração média em ms dos passos do indivíduo A em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	299	448	357,40	42,633	1817,600
Membro inferior hemiparético t1	10	283	402	339,30	39,401	1552,456
Membro inferior não afectado t2	10	239	452	372,40	74,903	5610,489
Membro inferior hemiparético t2	10	261	520	434,70	74,604	5565,789
Membro inferior não afectado t3	10	309	410	365,90	36,425	1326,767
Membro inferior hemiparético t3	10	382	541	455,60	49,856	2485,600
Membro inferior não afectado t4	10	322	433	375,30	37,098	1376,233
Membro inferior hemiparético t4	10	299	417	357,00	36,567	1337,111

Tabela 15: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo A em t1, t2, t3 e t4

Após o teste de comparações múltiplas constatou-se que a duração do passo no membro inferior direito é significativamente inferior em T1 do que em T3. Por sua vez, também no membro inferior direito, verificaram-se diferenças estatísticas entre T1 e T2 e T2 e T3 na duração do apoio total do pé, sendo sempre inferiores no momento precedente.

Indivíduo B (Hemiparésia direita)

Neste indivíduo, verificou-se que a diferença entre a variância da duração do passo, em T4, é ligeiramente menor que nos restantes momentos (tabela 16). Embora os valores da fase total de apoio do pé nunca sejam, em média, superiores ao do membro não-hemiparético, estes são ligeiramente superiores em T2 e T3 (tabela 17).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	906	1010	962,20	30,630	938,178
Membro inferior hemiparético t1	10	904	1032	956,80	34,720	1205,511
Membro inferior não afectado t2	10	1003	1073	1043,10	22,669	513,878
Membro inferior hemiparético t2	10	1001	1080	1045,60	26,484	701,378
Membro inferior não afectado t3	10	947	1034	982,10	30,333	920,100
Membro inferior hemiparético t3	10	944	1072	988,80	36,878	1359,956
Membro inferior não afectado t4	10	921	990	951,10	19,290	372,100
Membro inferior hemiparético t4	10	928	1000	954,40	20,419	416,933

Tabela 16: Duração média em ms dos passos do indivíduo B em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	205	338	262,80	36,872	1359,511
Membro inferior hemiparético t1	10	204	264	240,70	16,971	288,011
Membro inferior não afectado t2	10	262	317	289,70	18,631	347,122
Membro inferior hemiparético t2	10	240	308	271,90	22,273	496,100
Membro inferior não afectado t3	10	193	360	266,00	42,293	1788,667
Membro inferior hemiparético t3	10	161	308	252,70	44,355	1967,344
Membro inferior não afectado t4	10	240	316	271,60	23,557	554,933
Membro inferior hemiparético t4	10	212	268	230,90	20,322	412,989

Tabela 17: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo B em t1, t2, t3 e t4

As médias da duração do passo foram, para o indivíduo B, significativamente diferentes entre T1 e T2 e T2 e T4, para ambos os membros inferiores. Relativamente à fase de

apoio do pé direito (lado hemiparético), a sua duração foi estatisticamente superior em T3, quando comparada com T1.

Indivíduo C (Hemiparésia direita)

Apesar de, nesta criança, não se terem verificado diferenças em termos de duração do passo, a variabilidade da mesma em T4 é bastante maior no membro inferior esquerdo (lado não-hemiparético) (tabela 18). Os valores da duração do apoio total do pé são, em média superiores no membro inferior hemiparético, com excepção do primeiro momento de avaliação (tabela19).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	1160	1362	1238,20	58,486	3420,622
Membro inferior hemiparético t1	10	1167	1320	1237,60	50,414	2541,600
Membro inferior não afectado t2	10	1062	1291	1160,20	82,062	6734,178
Membro inferior hemiparético t2	10	961	1272	1154,40	90,701	8226,711
Membro inferior não afectado t3	10	1184	1334	1271,10	45,880	2104,989
Membro inferior hemiparético t3	10	1184	1367	1275,20	49,039	2404,844
Membro inferior não afectado t4	10	1004	1339	1126,40	92,690	8591,378
Membro inferior hemiparético t4	10	1008	1168	1103,20	52,044	2708,622

Tabela 18: Duração média em ms dos passos do indivíduo C em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	284	461	381,30	51,156	2616,900
Membro inferior hemiparético t1	10	265	428	332,30	54,461	2966,011
Membro inferior não afectado t2	10	212	398	322,80	57,055	3255,289
Membro inferior hemiparético t2	10	167	448	361,80	85,775	7357,289
Membro inferior não afectado t3	10	318	459	384,80	41,395	1713,511
Membro inferior hemiparético t3	10	341	463	414,80	46,547	2166,622
Membro inferior não afectado t4	10	247	405	315,80	45,139	2037,511
Membro inferior hemiparético t4	10	160	463	347,20	78,594	6177,067

Tabela 19: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo C em t1, t2, t3 e t4

No indivíduo C, as médias da duração do passo foram significativamente diferentes entre T2 e T3 e T3 e T4, para ambos os membros inferiores. Foram também distintas entre T1 e T4 para o membro inferior direito. Entre T1 e T3, houve uma variação significativa da duração do apoio total do pé no membro inferior direito que correspondeu a um aumento da mesma.

Indivíduo D (Hemiparésia esquerda)

Ao analisar os dados constantes na tabela 20, podemos verificar que a média da duração do passo em T1, é maior no membro inferior esquerdo (hemiparético), contudo, a variância é bastante maior no membro inferior direito. A diferença da variância da duração do passo entre os membros, vai diminuindo progressivamente. Na fase de apoio total do pé, a variância é sempre superior no membro inferior direito. A diferença da duração deste apoio no membro inferior esquerdo e membro direito é ligeiramente menor em T2 e T3, contudo, o seu valor médio é sempre superior no membro hemiparético (tabela 21).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior hemiparético t1	10	1171	1343	1274,40	57,552	3312,267
Membro inferior não afectado t1	10	871	1368	1215,10	137,088	18793,211
Membro inferior hemiparético t2	10	974	1188	1082,40	57,392	3293,822
Membro inferior não afectado t2	10	1000	1263	1092,00	79,491	6318,889
Membro inferior hemiparético t3	10	1092	1259	1176,60	57,407	3295,600
Membro inferior não afectado t3	10	1112	1239	1172,70	38,830	1507,789
Membro inferior hemiparético t4	10	1014	1226	1111,80	69,232	4793,067
Membro inferior não afectado t4	10	1016	1191	1124,00	56,022	3138,444

Tabela 20: Duração média em ms dos passos do indivíduo D em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior hemiparético t1	10	344	497	430,20	48,359	2338,622
Membro inferior não afectado t1	10	138	303	236,30	56,923	3240,233
Membro inferior hemiparético t2	10	237	393	305,20	44,362	1967,956
Membro inferior não afectado t2	10	278	446	378,20	53,431	2854,844
Membro inferior hemiparético t3	10	303	427	370,10	40,695	1656,100
Membro inferior não afectado t3	10	337	502	423,40	59,703	3564,489
Membro inferior hemiparético t4	10	308	418	342,80	33,326	1110,622
Membro inferior não afectado t4	10	369	535	445,20	54,481	2968,178

Tabela 21: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo D em t1, t2, t3 e t4

No teste de comparações múltiplas verificou-se que a duração do passo no membro inferior esquerdo variava significativamente entre T1 e T2; T1 e T4 e; T2 e T3. No membro inferior direito, este parâmetro apenas diferiu entre T1 e T2.

Também na duração do apoio total do pé existiram diferenças estatísticas: entre T1 e T2 e T1 e T4 para o membro inferior esquerdo e T1 e T3 e T1 e T4 na duração do apoio total do pé membro inferior direito. Contudo, enquanto que no membro hemiparético estas alterações corresponderam a diminuições, no membro contralateral traduziram um aumento deste parâmetro.

Indivíduo E (Hemiparésia esquerda)

Neste participante, a variância da duração do passo é um pouco maior no lado hemiparético (esquerdo) em T2 (tabela 22). Na duração da fase de apoio total do pé, verifica-se que a diferença da variância entre hemicorpos é menor em T3 e T4. Em T2, ao contrário dos outros momentos de avaliação, o valor médio da duração do apoio é maior no membro inferior envolvido (tabela 23).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior hemiparético t1	10	888	934	909,00	15,114	228,444
Membro inferior não afectado t1	10	864	928	909,60	21,681	470,044
Membro inferior hemiparético t2	10	860	971	901,30	32,407	1050,233
Membro inferior não afectado t2	10	872	928	899,20	20,379	415,289
Membro inferior hemiparético t3	10	858	921	888,60	16,887	285,156
Membro inferior não afectado t3	10	856	920	892,00	18,184	330,667
Membro inferior hemiparético t4	10	846	961	911,40	34,235	1172,044
Membro inferior não afectado t4	10	856	952	909,60	33,533	1124,489

Tabela 22: Duração média em ms dos passos do indivíduo E em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior hemiparético t1	10	250	303	270,90	20,030	401,211
Membro inferior não afectado t1	10	267	351	311,70	29,635	878,233
Membro inferior hemiparético t2	10	263	302	282,00	12,841	164,889
Membro inferior não afectado t2	10	212	307	252,70	27,447	753,344
Membro inferior hemiparético t3	10	219	282	252,20	20,703	428,622
Membro inferior não afectado t3	10	231	310	276,70	21,746	472,900
Membro inferior hemiparético t4	10	221	290	255,30	25,351	642,678
Membro inferior não afectado t4	10	257	323	293,00	23,495	552,000

Tabela 23: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo E em t1, t2, t3 e t4

Entre T1 e T2, a duração do apoio total do pé membro inferior direito diminuiu significativamente.

Indivíduo F (Hemiparésia direita)

Embora os valores médios da duração do passo nunca sejam muito distintos para este indivíduo, constata-se que em T3 são idênticos. Em todas as condições de teste, com excepção da terceira, a variabilidade da duração do passo é maior no lado hemiparético (tabela 24).

Relativamente à duração do apoio total do pé (tabela 25), verifica-se uma menor diferença inter-lateral nos momentos em que se aplicou o estímulo sonoro. A variância deste parâmetro é superior no membro inferior direito para T1, T2 e T3.

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	764	955	884,30	55,333	3061,789
Membro inferior hemiparético t1	10	753	944	875,20	60,765	3692,400
Membro inferior não afectado t2	10	830	974	937,00	41,341	1709,111
Membro inferior hemiparético t2	10	862	969	923,20	44,626	1991,511
Membro inferior não afectado t3	10	819	965	889,70	48,381	2340,678
Membro inferior hemiparético t3	10	800	960	888,80	47,558	2261,733
Membro inferior não afectado t4	10	1093	1262	1160,30	49,194	2420,011
Membro inferior hemiparético t4	10	1024	1270	1150,40	69,253	4796,044

Tabela 24: Duração média em ms dos passos do indivíduo F em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	237	317	284,60	23,248	540,489
Membro inferior hemiparético t1	10	194	341	248,50	44,400	1971,389
Membro inferior não afectado t2	10	242	336	276,10	37,881	1434,989
Membro inferior hemiparético t2	10	173	321	270,40	44,570	1986,489
Membro inferior não afectado t3	10	177	254	218,60	26,069	679,600
Membro inferior hemiparético t3	10	165	298	224,00	43,502	1892,444
Membro inferior não afectado t4	10	360	569	409,40	59,425	3531,378
Membro inferior hemiparético t4	10	235	430	311,80	56,452	3186,844

Tabela 25: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo F em t1, t2, t3 e t4

Entre T1 e T4; T2 e T4 e T3 e T4, a duração do passo variou para ambos os membros inferiores. A duração fase de apoio do pé esquerdo sofreu alterações entre T1 e T3; T2 e T4 e T3 e T4. Também existiram diferenças significativas entre T3 e T4 para o membro inferior direito.

Indivíduo G (Hemiparésia direita)

Neste participante, a variabilidade da duração do passo é sempre superior no membro hemiparético, aumentando sucessivamente a diferença com o membro contralateral ao longo dos três tempos (tabela 26). A fase de apoio total do pé é sempre mais longa no membro inferior direito. Em T2, verifica-se uma grande variabilidade para apoio do lado esquerdo como se pode constatar na tabela 27.

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	913	1003	936,00	25,552	652,889
Membro inferior hemiparético t1	10	888	986	936,50	27,945	780,944
Membro inferior não afectado t2	10	847	931	897,80	21,039	442,622
Membro inferior hemiparético t2	10	869	972	902,70	29,672	880,456
Membro inferior não afectado t3	10	853	911	885,50	19,699	388,056
Membro inferior hemiparético t3	10	856	967	889,50	33,715	1136,722

Tabela 26: Duração média em ms dos passos do indivíduo G em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	208	292	250,10	28,915	836,100
Membro inferior hemiparético t1	10	328	492	397,80	45,245	2047,067
Membro inferior não afectado t2	10	240	308	274,30	21,019	441,789
Membro inferior hemiparético t2	10	346	445	384,20	28,487	811,511
Membro inferior não afectado t3	10	218	309	247,60	28,226	796,711
Membro inferior hemiparético t3	10	330	419	369,10	23,359	545,656

Tabela 27: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo G em t1, t2, t3 e t4

A variável duração do passo no membro inferior esquerdo foi estatisticamente diferente entre T1 e T2 e T1 e T3. Por sua vez, no membro inferior direito, variou entre T1 e T3. O período em que o pé esquerdo se encontrou totalmente apoiado no solo decresceu entre T2 e T3. O mesmo efeito se verificou para o membro contralateral entre T1 e T3.

Importa referir que a recolha de dados relativos ao quarto momento de avaliação deste participante foi comprometida por uma falha técnica dos equipamentos de análise, não constando por isso no presente trabalho.

Indivíduo H (Hemiparésia direita)

Nesta criança a variância da duração do passo foi sempre superior no lado esquerdo.

Relativamente aos valores médios da duração do apoio total do pé, estes são superiores no lado direito em T2, T3 e T4 (tabelas 28 e 29).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	973	1098	1014,10	42,938	1843,656
Membro inferior hemiparético t1	10	949	1055	1013,50	29,729	883,833
Membro inferior não afectado t2	10	953	1059	999,50	33,649	1132,278
Membro inferior hemiparético t2	10	963	1027	993,00	24,317	591,333
Membro inferior não afectado t3	10	952	1002	977,20	17,788	316,400
Membro inferior hemiparético t3	10	951	996	980,60	16,133	260,267
Membro inferior não afectado t4	10	974	1163	1053,40	58,367	3406,711
Membro inferior hemiparético t4	10	982	1076	1042,40	29,315	859,378

Tabela 28: Duração média em ms dos passos do indivíduo H em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	225	302	260,50	23,033	530,500
Membro inferior hemiparético t1	10	227	289	259,00	19,894	395,778
Membro inferior não afectado t2	10	212	319	257,70	32,404	1050,011
Membro inferior hemiparético t2	10	346	387	364,30	17,186	295,344
Membro inferior não afectado t3	10	252	292	269,20	14,141	199,956
Membro inferior hemiparético t3	10	356	405	379,90	18,394	338,322
Membro inferior não afectado t4	10	246	379	302,90	34,466	1187,878
Membro inferior hemiparético t4	10	376	427	404,30	18,306	335,122

Tabela 29: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo H em t1, t2, t3 e t4

Após a realização do teste de comparações múltiplas, inferiu-se que ocorreram variações significativas na duração do passo no membro inferior direito entre T1 e T3; T2 e T4; e T3 e T4. Para o membro inferior oposto, esta diferença ocorreu entre T3 e T4. A duração do apoio total do pé foi estatisticamente diferente entre T1 e T4 e T2 e T4 para ambos os membros. No membro inferior direito ocorreram ainda diferenças entre T1 e T3.

Indivíduo I (Hemiparésia direita)

A variância correspondente à duração do passo é, para o indivíduo I, sempre superior no lado não-hemiparético (tabela 30). Por sua vez, os valores médios da duração do apoio são superiores em todas as condições de teste no lado direito, embora a diferença vá progressivamente diminuindo (tabela 31).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	941	1085	1034,40	42,401	1797,822
Membro inferior hemiparético t1	10	993	1083	1036,30	28,488	811,567
Membro inferior não afectado t2	10	959	1077	1004,20	32,666	1067,067
Membro inferior hemiparético t2	10	957	1050	1005,70	29,537	872,456
Membro inferior não afectado t3	10	925	1032	987,50	35,619	1268,722
Membro inferior hemiparético t3	10	949	1031	992,50	27,834	774,722
Membro inferior não afectado t4	10	1077	1250	1135,90	47,918	2296,100
Membro inferior hemiparético t4	10	1097	1212	1135,50	35,591	1266,722

Tabela 30: Duração média em ms dos passos do indivíduo I em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	230	357	290,20	45,414	2062,400
Membro inferior hemiparético t1	10	316	426	377,20	29,597	875,956
Membro inferior não afectado t2	10	241	338	286,50	36,225	1312,278
Membro inferior hemiparético t2	10	312	362	335,60	18,350	336,711
Membro inferior não afectado t3	10	278	337	305,40	18,650	347,822
Membro inferior hemiparético t3	10	299	375	335,80	22,636	512,400
Membro inferior não afectado t4	10	276	436	340,70	48,899	2391,122
Membro inferior hemiparético t4	10	277	426	350,90	48,324	2335,211

Tabela 31: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo I em t1, t2, t3 e t4

A duração do passo sofreu alterações significativas, para os dois membros inferiores, entre T2 e T4 e T3 e T4. O tempo do apoio total do pé direito diminuiu estatisticamente entre T1 e T2.

Indivíduo J (Hemiparésia direita)

Nesta criança, os momentos com a utilização do metrónomo, correspondem a uma média da duração do passo superior no lado hemiparético (tabela 32). Verificou-se ainda, uma variância bastante superior no lado esquerdo em T3. Os períodos médios de apoio total do pé são, neste caso, sempre superiores no lado esquerdo (tabela 33).

Duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	1141	1312	1224,10	52,792	2786,989
Membro inferior hemiparético t1	10	1118	1279	1211,20	55,663	3098,400
Membro inferior não afectado t2	10	1066	1270	1188,20	70,149	4920,844
Membro inferior hemiparético t2	10	1060	1319	1196,60	81,980	6720,711
Membro inferior não afectado t3	10	822	1329	1184,90	140,496	19739,211
Membro inferior hemiparético t3	10	1104	1390	1227,70	82,632	6828,011
Membro inferior não afectado t4	10	981	1188	1068,30	82,579	6819,344
Membro inferior hemiparético t4	10	918	1228	1061,90	88,138	7768,322

Tabela 32: Duração média em ms dos passos do indivíduo J em t1, t2, t3 e t4

Duração da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Membro inferior não afectado t1	10	541	623	582,10	23,582	556,100
Membro inferior hemiparético t1	10	365	515	434,30	49,347	2435,122
Membro inferior não afectado t2	10	473	698	581,40	69,903	4886,489
Membro inferior hemiparético t2	10	104	513	399,10	117,512	13808,989
Membro inferior não afectado t3	10	509	686	573,10	62,646	3924,544
Membro inferior hemiparético t3	10	389	553	442,80	50,640	2564,400
Membro inferior não afectado t4	10	433	644	503,50	56,390	3179,833
Membro inferior hemiparético t4	10	310	490	395,20	51,005	2601,511

Tabela 33: Duração média em ms da fase de apoio total do pé do indivíduo J em t1, t2, t3 e t4

A variável duração do passo no membro inferior esquerdo foi estatisticamente diferente entre T1 e T4 e T2 e T4. Por sua vez, no membro inferior direito, variou entre T1 e T4. O período em que o pé esquerdo se encontrou totalmente apoiado no solo decresceu entre T1 e T4 e T2 e T4.

Para permitir o acesso a uma informação mais detalhada do comportamento dos parâmetros temporais em ambos os membros inferiores, encontram-se, em anexo, os gráficos correspondentes a cada participante (Appendix C).

Discussão de Resultados

Após analisar os resultados do tratamento estatístico, verificou-se que as crianças não apresentavam, na avaliação inicial, assimetria significativa na duração do passo (tempo decorrido entre dois apoios sucessivos do mesmo calcanhar) entre os dois membros inferiores.

Deste modo, apesar de existirem diferenças nos valores absolutos, não se observou uma assimetria temporal marcada que se traduzisse numa significância estatística. Esta realidade poderá ter como base o facto de todos os participantes apresentarem apenas o nível I na GMFCS e, portanto, possuírem ligeiras alterações motoras, que não comprometem grandemente os parâmetros temporais do padrão de marcha.

A diferença estatística detectada na duração do passo entre os membros inferiores em T3 e T4, poderia sugerir a ocorrência de uma alteração no padrão de marcha dos participantes, que se manteria após a remoção do estímulo. Contudo, ao analisarmos os valores médios da duração do passo, podemos constatar que esta, em T3, é superior para o membro inferior não afectado, ao passo que em T4 se verifica o oposto.

Tal como referido anteriormente, estes achados estatísticos deverão, na opinião dos investigadores, ser relativizados uma vez que na análise intra-individual dos participantes não se observou esta variação. De facto, a utilização de valores médios, embora muito útil, não permite uma representação ideal da variabilidade dos dados, podendo mesmo detectar falsas tendências estatísticas.

De modo a minimizar este potencial erro associado à análise dos dados e conseguir uma melhor representação da variabilidade dos mesmos, realizou-se também uma análise

estatística recorrendo a médias ponderadas (quociente entre a média e o desvio padrão do passo e quociente entre a média e a variância da duração do passo), onde não se verificaram as diferenças estatísticas supracitadas.

Quando analisados os valores médios da amostra relativos ao comportamento de um membro inferior nos quatro tempos, não se verificaram diferenças significativas, contudo, ao analisar estes parâmetros individualmente, existem ilações que sugerem o contrário. Esta discordância baseia-se na ocorrência de efeitos mistos, não se proporcionando tendências tão evidentes que pudessem ser detectadas pelos testes estatísticos realizados.

Assim, se para alguns indivíduos a variabilidade da duração do passo é sempre maior no membro inferior hemiparético (como nos indivíduos F, G e H), para alguns verifica-se o oposto (indivíduo I).

Do mesmo modo, pode-se constatar que nos indivíduos A e B, a variabilidade deste parâmetro é maior na avaliação inicial do que nos restantes momentos, atingindo o seu valor mais baixo em T4. Também no indivíduo B, a diferença entre a variância da duração do passo é menor na última condição de teste.

Estes efeitos mistos poderão dever-se às diferenças interindividuais nos padrões de marcha adquiridos e do próprio compromisso motor. Deste modo, seria importante conjugar esta análise com outros parâmetros como a percentagem da duração de cada fase do ciclo de marcha e a capacidade de transferir peso para o membro inferior envolvido.

Ao analisar as diferenças hemilaterais na duração da fase de apoio total do pé, embora não seja um fenómeno universal, estas diminuem aquando da introdução do estímulo sonoro (indivíduos B, F e I). No mesmo âmbito, verificou-se que nos indivíduos A, C e

H o seu valor médio foi superior no membro hemiparético em T2 e T3. Nos indivíduos C e H, o mesmo efeito persistiu em T4. No indivíduo E, este só se verificou em T2.

Do mesmo modo, quando se analisa o comportamento de um membro inferior nas quatro condições de teste, surgiram diferenças estatísticas nos indivíduos A, C e H correspondentes a um aumento do apoio unilateral nos momentos em que a marcha fora combinada com o som proveniente do metrónomo.

Considerando que, o valor da duração do apoio unipodal possa constituir um indicador sensível da estabilidade do membro inferior em questão, as variações supracitadas poderão significar que a introdução deste estímulo sensorial confere uma maior estabilidade no membro inferior hemiparético (Sutherland, et al., 1980; Zonta, et al., 2010).

Esta análise deverá, contudo, ser corroborada em estudos futuros, sendo acompanhada da avaliação conjunta com outros parâmetros cinemáticos e electromiográficos deste padrão.

Será também importante isolar a duração dos períodos de *double support* uma vez que, são tendencialmente maiores em crianças com PC e que se encontram associados a dificuldades em transferir o peso corporal e uma maior instabilidade do membro inferior afectado (Sorsdahl, et al., 2008).

Os resultados obtidos no presente estudo não estão, assim, de acordo com o estudo realizado por Kwack (2007), onde se verificou uma melhoria da simetria temporal. Importa, no entanto, referir que os participantes do mesmo apresentavam uma maior amplitude etária (6 a 20 anos), um diagnóstico geral de PC espástica (não abrangendo exclusivamente casos de hemiparésia) e um grau muito variável de compromisso motor (dado que apenas necessitavam de possuir marcha autónoma).

Tanto o estudo acima referido como a maioria dos realizados em populações adultas, utilizaram a estimulação rítmica sonora como um tipo de treino na reabilitação da marcha, não inferindo por isso acerca dos efeitos imediatos neste padrão.

Assim, e apesar do acoplamento de estruturas rítmicas com o comportamento motor ser descrito na literatura como um fenómeno quase instantâneo, estes estudos apenas traduzem o efeito do treino e de um possível processo de aprendizagem inerente.

Este mecanismo de *entrainment*, em que a frequência de oscilação de um sistema determina a frequência de oscilação de outro, poderá, no caso da marcha, encontrar-se dependente de uma repetição do estímulo mantida no tempo. Assim, aceitando que a determinação voluntária do ritmo se associa uma actividade subcortical (como dos gânglios da base e do cerebelo), seria interessante perceber em que medida os geradores centrais de padrão influenciam e são influenciados por um programa de estimulação sensorial auditiva (Prassas, et al., 1997).

Thaut e colaboradores (1997, 2007), nos estudos realizados em populações adultas com hemiplégia espástica pós acidentes vasculares cerebrais, demonstraram que o parâmetro da simetria temporal era o que apresentava maior resistência à reabilitação, apresentando melhorias que não alcançavam significância estatística. As melhorias na performance do padrão de marcha destes indivíduos (incluindo na simetria temporal), revelou-se maior num programa de treino mais longo (6 *versus* 3 semanas). Este facto, salienta a importância estimulação sensorial contínua num plano de reabilitação.

Será também importante referir que a duração do passo “exigida” pela cadência inserida no metrónomo no presente estudo fora ligeiramente superior à confortável para o indivíduo, uma vez que, o seu cálculo teve em conta os períodos de aceleração e desaceleração. Este facto, conjugado com a indicação de aumento progressivo da

cadência em vários protocolos de estimulação rítmica, poderá ter condicionado os resultados obtidos.

Adicionalmente, alguns estudos sugerem que a simetria da marcha melhora, no adulto, a velocidades mais elevadas. Deste modo, será importante perceber se a estimulação rítmica incorre verdadeiramente numa melhoria da simetria ou se esta é apenas um efeito secundário ao aumento da velocidade praticada pelos indivíduos (Griffin, Olney, & McBride, 1995; Roerdink, Lamoth, Kwakkel, Van Wieringen, & Beek, 2007).

Embora não tenha ocorrido em todos os indivíduos, a diminuição da variabilidade dos parâmetros temporais na introdução do estímulo sonoro, poderá indicar o papel importante da sincronização numa regulação da performance motora. Investigações futuras poderão esclarecer se, tal como ocorre no adulto, esta melhoria sucede por uma alteração nos padrões de activação muscular.

Esta alteração na variabilidade do padrão de marcha, poderá revelar-se particularmente importante na população em estudo que, tal como referido anteriormente, é caracterizada por uma grande variação dos parâmetros temporais das actividades motoras. Deste modo, a inclusão de um método *RAS* num programa de intervenção em crianças com hemiparesia espástica poderá contribuir para uma estabilização e regulação do padrão de marcha, aproximando-o do adulto.

Seria ainda interessante perceber se esta diminuição da variabilidade só ocorre na marcha ou também noutras actividades motoras, com ou sem um carácter rítmico inerente.

A recolha de dados realizou-se no espaço externo do Centro de Paralisia Cerebral não sendo, por isso, estanque de outros estímulos sensoriais (como visuais e auditivos). Sabendo que a atenção desempenha um papel fundamental na performance da marcha, a

existência de outros estímulos podem, também, ter comprometido os resultados obtidos. Contudo, em contexto real, não será possível para a maioria dos casos realizar um treino de reabilitação de marcha, com estimulação rítmica sonora, isolando a presença de outras aferências (Abbud, Li, & DeMont, 2009).

Será assim também importante a realização de estudos comparativos dos *outcomes* em contexto laboratorial e clínico.

Sugere-se que, a capacidade das crianças para sincronizar deliberadamente acções motoras com um dado ritmo aumenta rapidamente com a idade. Posto isto, será igualmente relevante definir em que idade média estas estratégias de acoplamento se encontram maduras e se será semelhante para populações especiais como crianças com PC.

Conclusão

A *Rhythmic Auditory Stimulation* (RAS) é uma ferramenta com crescente reconhecimento na reabilitação de padrões motores, como a marcha, em populações com distúrbios do foro neurológico.

Contudo, o mecanismo fisiológico que leva à melhoria da performance ainda não se encontra totalmente identificado, assim como, os efeitos imediatos de um estímulo sonoro no comportamento motor.

À semelhança do que ocorre em muitos outros campos de investigação científica, os dados disponíveis para a população infantil são escassos sendo, assim, extremamente difícil fundamentar uma intervenção baseada na evidência.

No presente estudo, os participantes apresentavam um ligeiro comprometimento motor, não existindo, por isso, uma assimetria temporal do padrão de marcha com significância estatística.

A aplicação de um estímulo sonoro traduziu-se num conjunto de efeitos individuais mistos, o que salienta a variabilidade interindividual destas crianças.

No entanto, verificou-se que, em alguns indivíduos houve um aumento da duração da fase de apoio unipodal e/ou uma diminuição da variabilidade associada aos parâmetros temporais. Estes dados remetem para uma possível melhoria na estabilidade e regularidade do padrão de marcha aquando da introdução de um estímulo sonoro rítmico externo, remetendo para a pertinência da utilização da RAS como método terapêutico.

Estudos futuros, onde se investigue o efeito destes *inputs* sensoriais nos diferentes parâmetros temporais e cinemáticos do padrão de marcha em crianças com diferentes patologias e tipos de afecção motora, poderão contribuir para uma maior compreensão destes mecanismos fisiológicos e fundamentação para a utilização desta técnica na prática clínica.

Referências

- Abbud, G., Li, K., & DeMont, R. (2009). Attentional requirements of walking according to the gait phase and onset of auditory stimuli. *Gait & Posture*, 30, 227-232.
- Allen, J., Kautz, S., & Neptune, R. (2011). Step length asymmetry is representative of compensatory mechanisms used in post-stroke hemiparetic walking. *Gait & Posture*, 33(4), 538-543.
- Arias, P., & Cudeiro, J. (2008). Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in parkinson's disease patients. *Experimental Brain Research*, 186, 589-601.
- Baram, Y. & Miller, A. (2007) Auditory feedback control for improvement of gait in patients with multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 254, 90-94.
- Bax, M. (1964). Terminology and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 6, 295-297.
- Bax, M. et al. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol*, 47 (8), 571-6.
- Bernstein, N. (1967). The co-ordination and regulation of movements. Great Britain: Pergamon press.
- Chen, J., Zatorre, R. & Penhune, V. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *NeuroImage*, 32, 1771 – 1781.
- Clark, J. E. & Phillips, S. J. (1993). A longitudinal study of interlimb coordination in the first year of independent walking. *Child Development*, 64, 1143-1157.
- Damiano, D., Martellotta, T., Sullivan, D., Granata, K., & Abel, M. (2000). Muscle force production and functional performance in spastic cerebral palsy: Relationship of cocontraction. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 895-900.
- Dobson, F., Morris, M., Baker, R., & Graham, H. (2007). Gait classification in children with cerebral palsy: A systematic review. *Gait & Posture*, 25, 140-152.
- Duysen, J., & Crommert, H. (1998). Neural control of locomotion; part 1: The central pattern generator from cats to humans. *Gait & Posture*, 7, 131-141.
- Elovic, E. (2001). Principals of pharmaceutical management of spastic hypertonia. *Physical Medicine & Rehabilitation Clinics of North America*, 12, 793-816.
- Fonseca, S., Holt, K., Saltzman, E., & Fethers, L. (2001). A dynamical model of locomotion in spastic hemiplegic cerebral palsy: Influence of walking speed. *Clinical Biomechanics*, 16, 793-805.
- Ford, M.P., Wagenaar, R.C. & Newell, K.M. (2007). The effects of auditory rhythms and instruction on walking patterns in individuals post stroke. *Gait Posture*, 26 (1), 150-5.
- Gage, J., & Novacheck, T. (2001). An update on the treatment of gait problems in cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 10, 265-274.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2001). Compreendendo o desenvolvimento motor: Bebês, crianças, adolescentes e adultos (M. Araújo, Trans.). São Paulo: Phorte Editora.
- Gracies, J.M. (2005a). Pathophysiology of spastic paresis. I: Paresis and soft tissue changes. *Muscle Nerve*, 31, 535–551.
- Gracies, J.M. (2005b). Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity. *Muscle Nerve*, 31, 552–571.

- Griffin, M., Olney, S., & McBride, I. (1995). Role of symmetry in gait performance of stroke subjects with hemiplegia. *Gait & Posture*, 3, 132-142.
- Grunt, S. (2007). Orthèses de marche pour l'enfant infirme moteur cérébral. *Paediatrica*, 18(6), 35-39.
- Guo, L., Su, F., & Chou, Y. (2001). Gait symmetry in spastic diplegia of cerebral palsy. *FJPT*, 26(5), 246-254.
- Harrar, V., & Harris, L. (2008). The effect of exposure to asynchronous audio, visual, and tactile stimulus combination on the perception of simultaneity. *Exp Brain Res*, 186, 517-524.
- Kavčič, A., & Vodusek, B. (2005). A historical perspective on cerebral palsy as a concept and a diagnosis. *European Journal of Neurology*, 12, 582-587.
- Kiehn, O. (2006). Locomotor circuits in the mammalian spinal cord. *Annu Rev Neurosci*, 29, 279–306.
- Kimura, T., Yaguramaki, N., Fujita, M., Ogiue-Ikeda, M., Nishizawa, S., & Ueda, Y. (2005). Development of energy and time parameters in the walking of healthy human infants. *Gait & Posture*, 22, 225-232.
- Koman, L.A., Smith, B.P. & Shilt, J.S. (2004). Cerebral palsy. *Lancet*, 363, 1619-1628.
- Kwack, E. (2007). Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. *Journal of Music Therapy*, 44 (3) , 198-216.
- Lau, C., & Lao, T. (1999). Cerebral palsy and the birth process. *Hong Kong Medical Journal*, 5(3), 251-254.
- Little, W. (1862). On the influence of abnormal parturition, difficult labor, premature birth and asphyxia neonatorum on the mental and physical condition of the child. *Trans Obstet Soc Lond*, 3, 293-344.
- MacLaughlin, J., Bjornson, K., Temkinn, N., et al. (2002). Slective dorsal rhizotomy: meta-analysis of three randomized controlled trials. *Dev Med Child Neurol*, 44(1), 17-25.
- Marder, E., & Bucher, D. (2001). Central pattern generators and the control of rhythmic movements. *Current Biology*, 11, R986-R996.
- Mayer, M. (2002). Clinical neurokinesiology of spastic gait. *Bratisl Lek Listy*, 103(1), 3-11.
- Menticoglou, S. (2008). How often do perinatal events at full term cause cerebral palsy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 30(5), 396-403.
- Molinary, M., Leggio, M., & Thaut, M. (2007). The cerebellum and neural networks for rhythmic sensorimotor synchronization in the human brain. *The Cerebellum*, 6, 18-23.
- Mutch, L., Alberman, E., Hagberg, B., Kodama, K., Velickovic, P. (1992). Cerebral palsy epidemiology: where are we now and where are we going? *Dev Med Child Neurol*, 34, 547-551.
- Olney, S., Griffin, M., & McBride, I. (1994). Temporal, kinematic, and kinetic variables related to gait speed in subjects with hemiplegia: A regression approach. *Physical Therapy*, 74(9), 872-885.
- Pakula, A., Braun, K., & Yeargin-Allsopp, M. (2009). Cerebral palsy: Classification and epidemiology. *Physical Medicine & Rehabilitation Clinics of North America*, 20, 425-452.
- Palisano, R.J., Cameron, D., Rosenbaum, P.L., Walter, S.D. & Russell, D. (2006). Stability of the gross motor function classification system. *Dev Med Child Neurol*, 48(6), 424-8.
- Payne, V., & Isaacs, L. (1995). Human motor development: A lifespan approach. Mountain View: Mayfield Publishing Company.
- Prassas S.G., Thaut, M.H., McIntosh, G.C. & Rice, R.R. (1997). Effect of auditory rhythmic cuing on gait kinematic parameters of stroke patients. *Gait Posture*, 6, 218-223.
- Reddihough, D., & Collins, K. (2003). The epidemiology and causes of cerebral palsy. *Australian Journal of Physiotherapy*, 49, 7-12.
- Repp, B., & Penel, A. (2004). Rhythmic movements is attracted more strongly to auditory than to visual rhythms. *Psychological Research*, 68, 252-270.

- Rodda, J., & Graham, H. (2001). Classification of gait patterns in spastic hemiplegia and spastic diplegia: A basis for a management algorithm. *European Journal of Neurology*, 8(5), 98-108.
- Roerdink, M., Lamoth, C., Kwakkel, G., Van Wieringen, P., & Beek, P. (2007). Gait coordination after stroke: Benefits of acoustically paced treadmill walking. *Physical Therapy*, 87(8), 1009-1022.
- Romkes, J., & Brunner, R. (2007). An electromyographic analysis of obligatory (hemiplegic cerebral palsy) and voluntary (normal) unilateral toe-walking. *Gait & Posture*, 26(4), 577-586.
- Rotta, N. (2002). Paralisia cerebral, novas perspectivas terapêuticas. *Jornal De Pediatria*, 78(1), S48-S54.
- Schauer, M., & Mauritz, K. (2003). Musical motor feedback (mmf) in walking hemiparetic stroke patients: Randomized trials of gait improvement. *Clinical Rehabilitation*, 17, 713-722.
- Scholtes, V., Becher, J., Beelen, A., & Lankhorst, G. (2006). Clinical assessment of spasticity in children with cerebral palsy: A critical review of available instruments. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48, 64-73.
- Sheean, G. (2002). The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol*, 9(1), 3-9.
- Sorsdahl, A., Moe-Nilssen, R., & Strand, L. (2008). Test-retest reliability of spatial and temporal gait parameters in children with cerebral palsy as measured by an electronic walkway. *Gait Posture*, 27(1), 43-50.
- Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE).(2002). Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol*, 44, 633-640.
- Sutherland, D., Olshen, R., Cooper, L., & Woo, S.(1980) The development of mature gait. *J Bone Joint Surg Am*. 62(3), 336-53.
- Teixeira- Salmela, L., Goulart, F., Lima, R., Lima, L., & Morais, S. (2005). Asymmetry and functional performance among chronic hemiplegic individuals before and after a training program in the fitness center. *Revista Brasileira De Fisioterapia*, 9(2), 227-233.
- Thaut, et al. (2009).Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex*, 45,44-53.
- Thaut, M. H., McIntosh, G. C. & Rice, R. R. (1997). Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *Journal of Neurological Sciences*, 151, 207-212.
- Thaut, M., Leins, A., Rice, R., Argstatter, H., Kenyon, G., McIntosh, G. & Fetter, M. (2007). Rhythmic auditory stimulation improves gait more than ndt/bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: A sinngle-blind, randomized trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 21(5), 455-459.
- Thaut, M., McIntosh, G., Rice, R., Miller, R., Rathbun, J., & Brault, J. (1996). Rhythmic auditory stimulation in gait training for parkinson's disease patients. *Movement Disorders*, 11(2), 193-200.
- Thaut, M., Miltner, R., Lange, H., Hurt, C., & Hoemberg, V. (1999). Velocity modulation and rhythmic synchronization of gait in huntington's disease. *Movement Disorders*, 14(5), 808-819.
- Thiel, E., Meulenbroek, R., Smeets, J., & Hulstijn, W. (2002). Fast adjustments of ongoing movements in hemiparetic cerebral palsy. *Neuropsychologia*, 40, 16-27.
- Tilton, A. (2004). The management of spasticity. *Semin Pediatr Neurol* 11, 58-65.
- Wren, T., Rethlefsen, S., & Kay, R. (2005). Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 25(1), 79-83.
- Zijlstra, W., Rutgers, A., Hof, A., & Weerden, T. (1995). Voluntary and involuntary adaptation of walking to temporal and spatial constraints. *Gait & Posture*, 3, 13-18.
- Zonta, M., Júnior, A., Camargo, R., Dias, F., & Santos, L. (2010). Two-dimensional analysis of gait asymmetry in spastic hemiplegia. *Einstein*, 8(3), 343-349.

Apêndices

Appendix A – Formulário de consentimento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Exmos pai/ tutores de _____,
a vossa criança apresenta um quadro clínico de hemiparésia associada à condição de Paralisia Cerebral.

No âmbito do 6º Curso de Mestrado de Desenvolvimento da Criança na variante de Desenvolvimento Motor da Faculdade de Motricidade Humana- Universidade Técnica de Lisboa, pretendemos realizar um estudo onde se utilizará um ritmo sonoro externo de forma a melhorar a simetria da marcha.

Neste sentido, solicitamos-lhe autorização para avaliar a marcha da vossa criança. Para tal, serão apenas utilizados métodos não invasivos ou prejudiciais, nomeadamente, um acelerómetro (dispositivo externo que regista os movimentos das pernas) e uma câmara de filmar (que apenas focará o tronco e as pernas da criança de forma a garantir o seu anonimato).

Solicitamos também a sua permissão para ter acesso a alguns dados constantes do processo clínico da criança (como a idade, injeção de toxina botulínica, colocação de gessos/talas, intervenções cirúrgicas, entre outros). Essas informações poderão ser fornecidas através dos pais e/ou Terapeutas que acompanham a criança.

Os dados recolhidos serão utilizados apenas na elaboração e divulgação científica, respeitando o carácter confidencial da identidade do seu familiar, e comprometendo-nos a nunca divulgar o seu nome e/ou informações que permitam a sua identificação. Ao longo de todo o estudo, será igualmente garantida a segurança dos participantes.

Informamos ainda que, a qualquer momento da investigação, terá o direito de desistir da sua participação, sem que isto traga algum prejuízo para os pais ou criança.

No caso de dúvidas ou desistência, estamos à sua disposição no seguinte contacto: Marina Marcelino Domingues – 919050555.

Atenciosamente,

(Marina Marcelino Domingues)

Eu, _____ com o n.º de
BI _____, tendo-me sido facultadas as informações acima referidas, e ciente
dos meus direitos e do meu familiar, autorizo a Fisioterapeuta Marina Marcelino
Domingues a aplicar o estudo sobre: “Efeito de um estímulo sonoro externo na cadência
da marcha em crianças com hemiparésia espástica”, no meu familiar
_____ e declaro que não me
oponho à utilização das informações ou dados recolhidos no presente estudo ou em
estudos futuros, desde que seja garantido o meu anonimato e do meu familiar.

_____ Coimbra ____ de ____ de ____

Assinatura do familiar

_____ Coimbra ____ de ____ de ____

Assinatura do pesquisador

Appendix B – Análise estatística dos parâmetros temporais da amostra segundo lado direito e esquerdo

Duração média do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior esquerdo t1	10	884,30	1274,40	1058,11	144,52
Membro inferior direito t1	10	875,20	1237,60	1049,41	135,21
Membro inferior esquerdo t2	10	897,80	1188,20	1036,56	107,30
Membro inferior direito t2	10	899,20	1196,60	1038,04	111,75
Membro inferior esquerdo t3	10	885,50	1271,10	1044,70	148,74
Membro inferior direito t3	10	888,80	1275,20	1051,26	152,71
Membro inferior esquerdo t4	9	911,40	1182,60	1077,91	92,95
Membro inferior direito t4	9	909,60	1172,00	1072,60	90,16

Duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

Desvio padrão da duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior esquerdo t1	10	15,11	65,24	44,60	16,34
Membro inferior direito t1	10	21,68	137,09	48,59	33,70
Membro inferior esquerdo t2	10	21,04	82,06	45,81	21,26
Membro inferior direito t2	10	20,38	90,70	49,55	27,56
Membro inferior esquerdo t3	10	16,89	140,50	45,72	36,14
Membro inferior direito t3	10	16,13	82,63	40,38	19,35
Membro inferior esquerdo t4	9	19,29	92,69	56,95	22,82
Membro inferior direito t4	9	20,42	88,14	49,24	21,57

Desvio padrão da duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

Variância da duração do passo (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior esquerdo t1	10	228,44	4256,71	2229,94	1341,51
Membro inferior direito t1	10	470,04	18793,21	3382,86	5523,39
Membro inferior esquerdo t2	10	442,62	6734,18	2505,44	2162,93
Membro inferior direito t2	10	415,29	8226,71	3138,65	3028,91
Membro inferior esquerdo t3	10	285,16	19739,21	3265,71	5874,04
Membro inferior direito t3	10	260,27	6828,01	1967,49	1911,94
Membro inferior esquerdo t4	9	372,10	8591,38	3706,21	2647,10
Membro inferior direito t4	9	416,93	7768,32	2838,11	2340,47

Variância da duração média em ms dos passos da amostra em t1, t2, t3 e t4

Duração média da fase de apoio total do pé (ms)	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Membro inferior esquerdo t1	10	250,10	582,10	337,0100	105,06803
Membro inferior direito t1	10	236,30	434,30	317,7100	70,75531
Membro inferior esquerdo t2	10	257,70	581,40	324,8100	95,71518
Membro inferior direito t2	10	252,70	434,70	345,2900	61,26635
Membro inferior esquerdo t3	10	218,60	573,10	325,2900	104,57639
Membro inferior direito t3	10	224,00	455,60	357,4800	82,30495
Membro inferior esquerdo t4	9	255,30	503,50	346,3667	76,03693
Membro inferior direito t4	9	230,90	445,20	348,3889	64,20856

Duração média em ms da fase de apoio total do pé da amostra em t1, t2, t3 e t4

Diferenças hemilaterais (p-value)	Duração do passo	Desvio padrão da duração do passo	Variância da duração do passo	Média/desvio padrão do passo	Média/variância do passo	Duração da fase de apoio total do pé
T1	0,059	0,799	0,799	0,799	0,959	0,445
T2	0,575	0,285	0,203	0,646	0,721	0,241
T3	0,028	0,878	0,799	0,721	0,959	0,114
T4	0,173	0,314	0,260	0,314	0,314	0,953

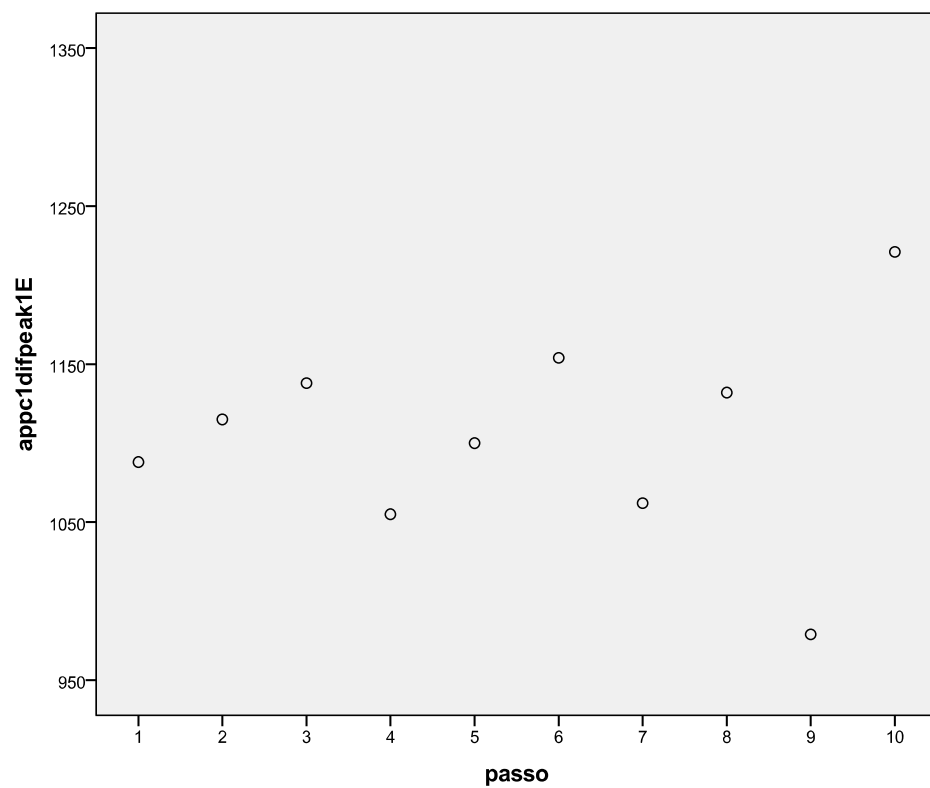
Comparação dos parâmetros temporais do membro inferior direito e esquerdo.

Appendix C – Gráficos individuais da duração do passo e da fase de apoio unipodal

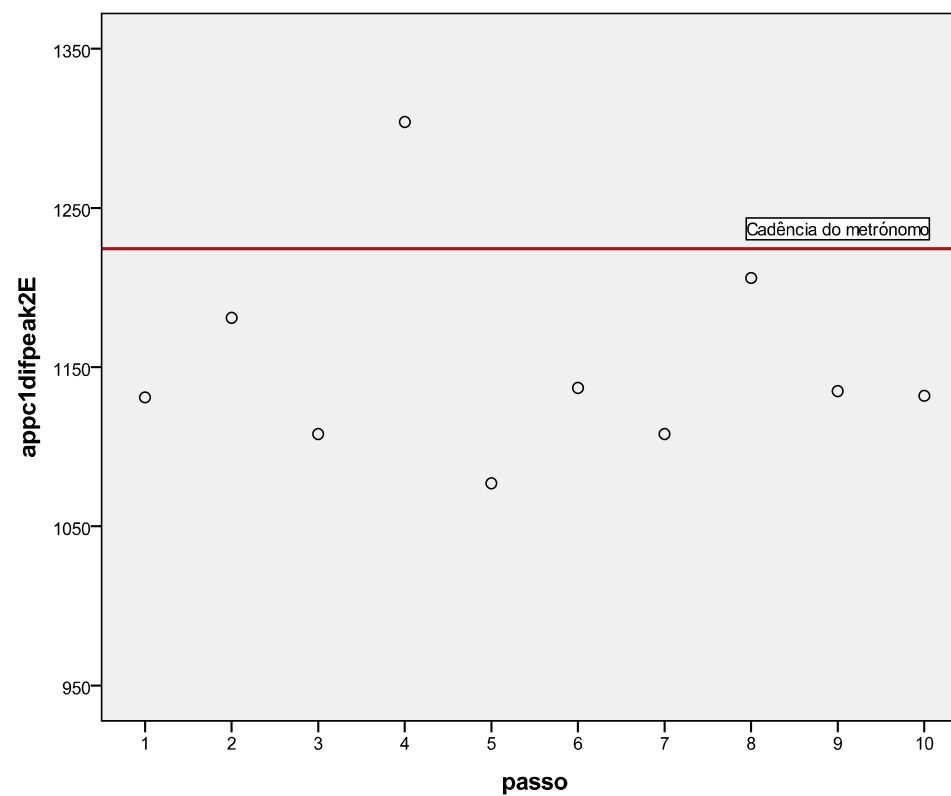
INDIVÍDUO A - DURAÇÃO DO PASSO

Membro inferior não afectado (esquerdo)

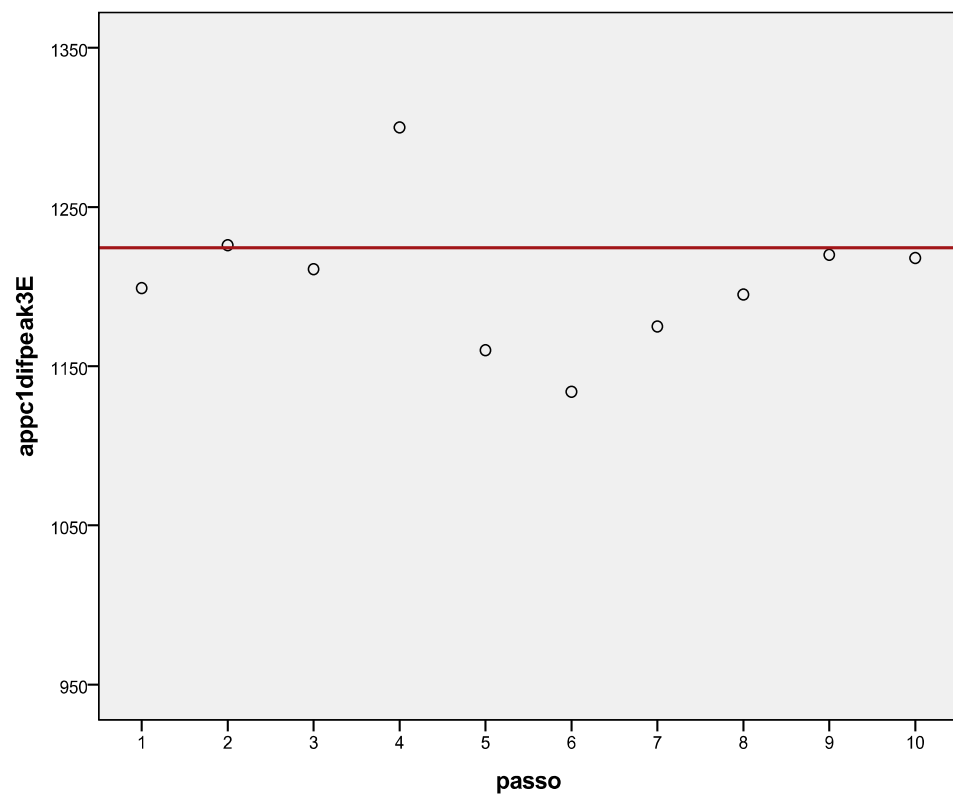
1º Momento de Avaliação



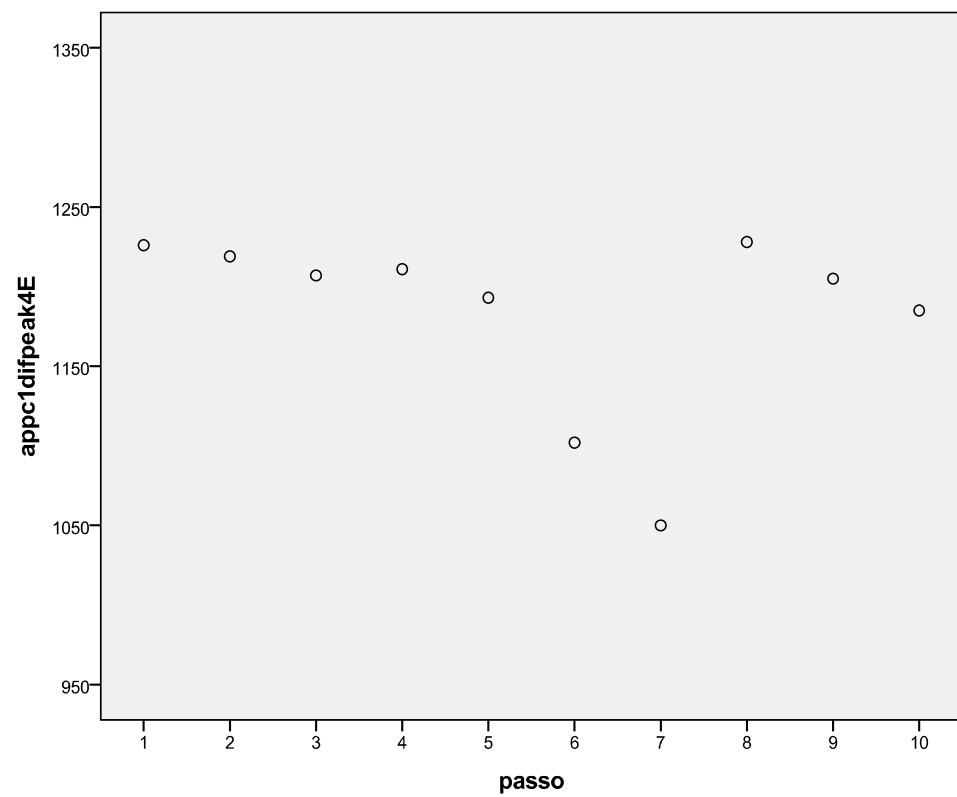
2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação

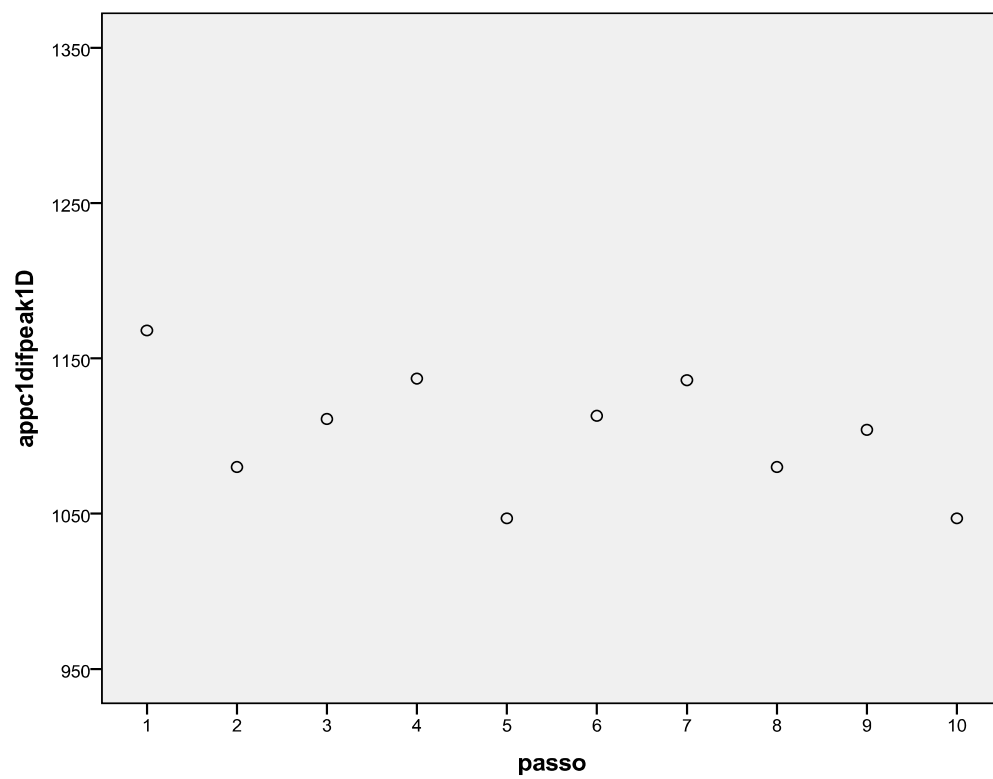


4º Momento da Avaliação

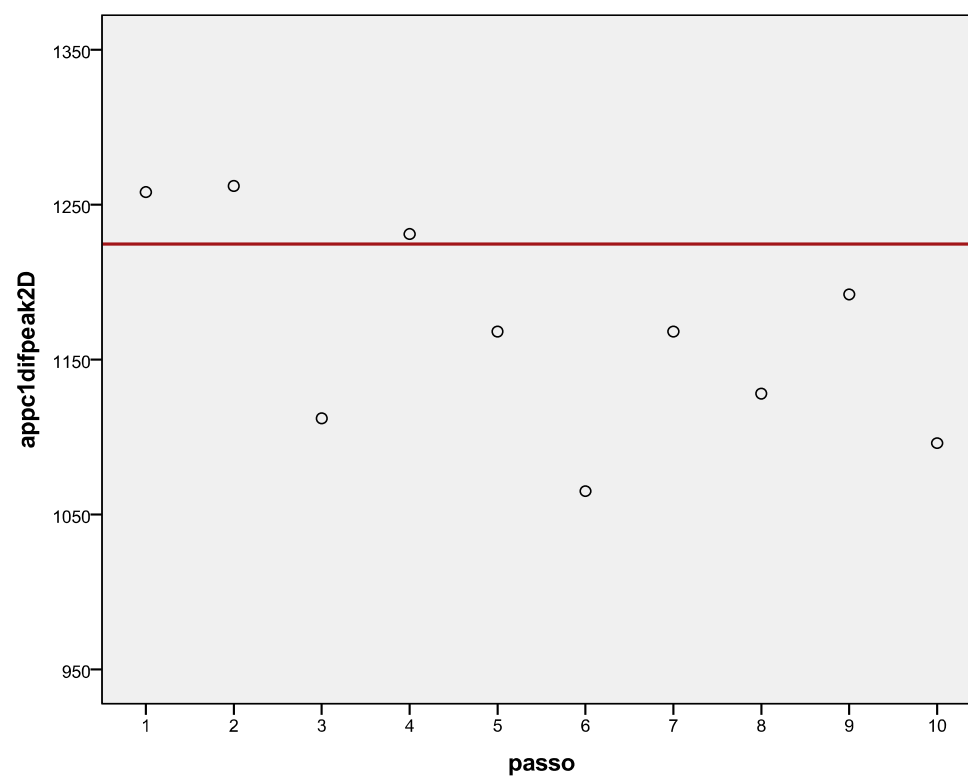


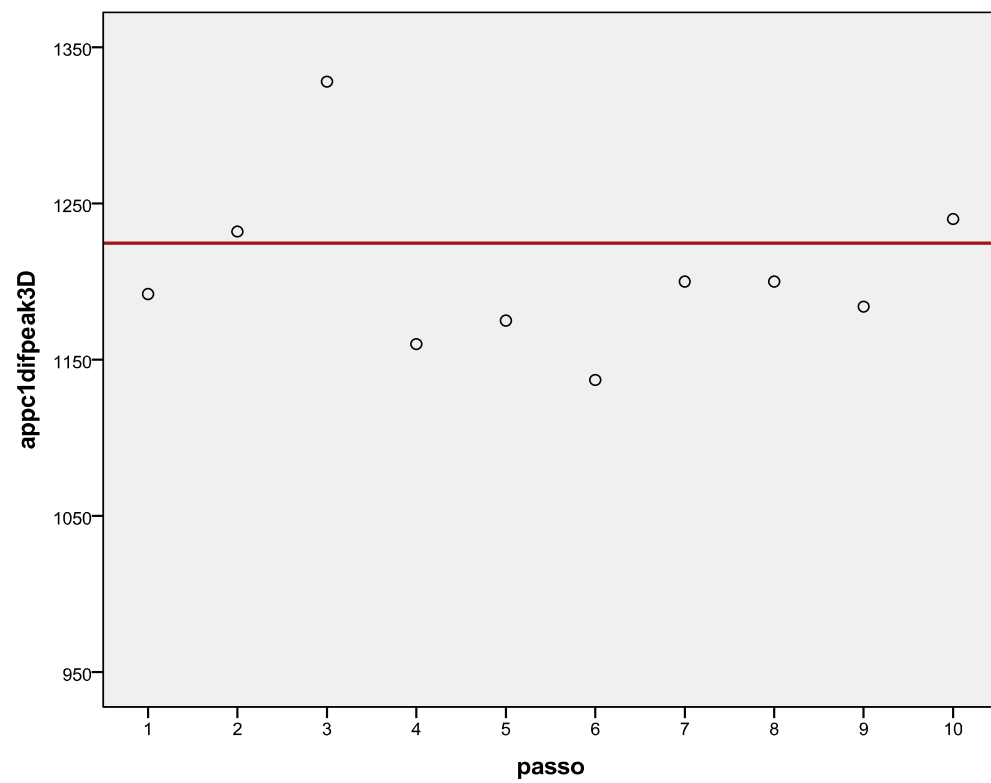
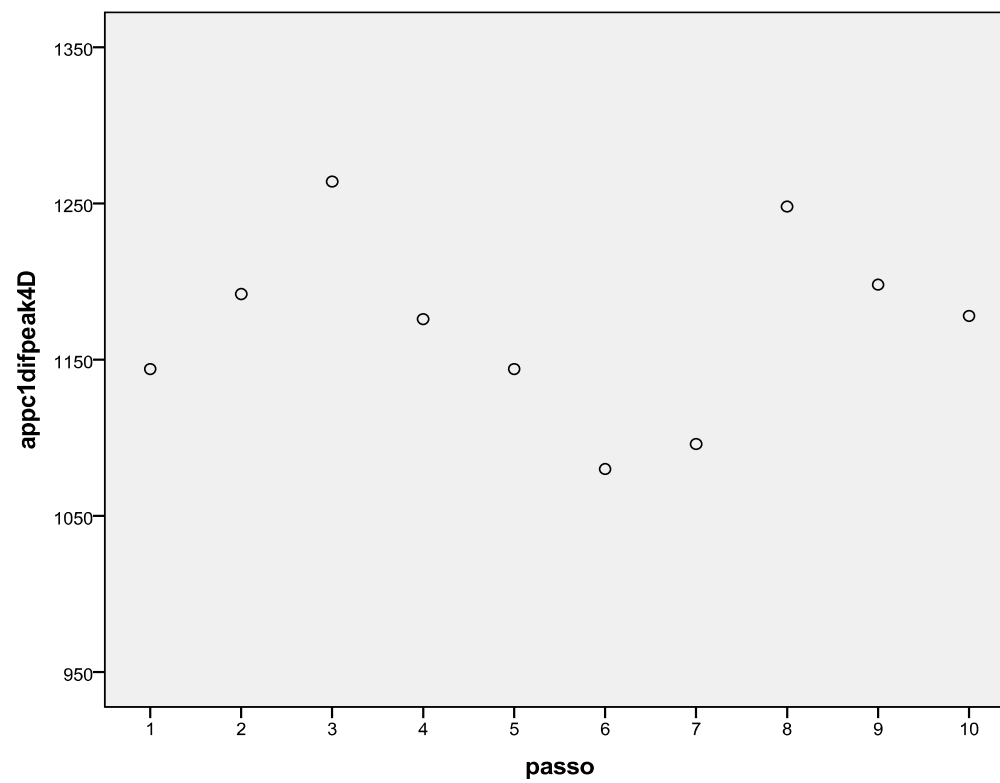
Membro inferior hemiparético (direito)

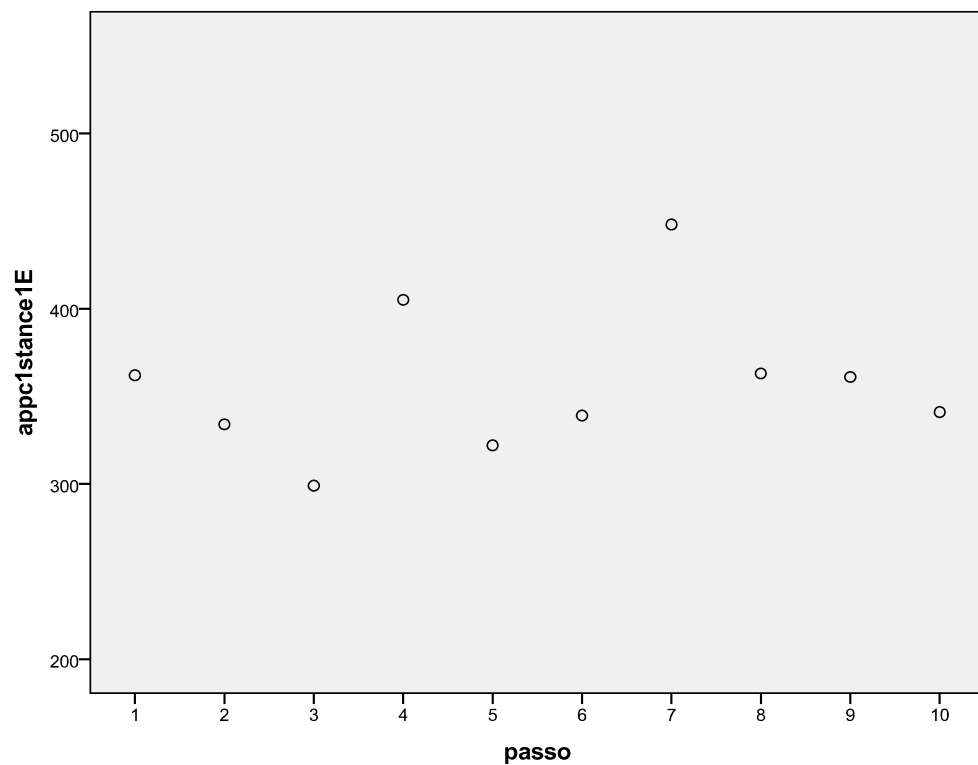
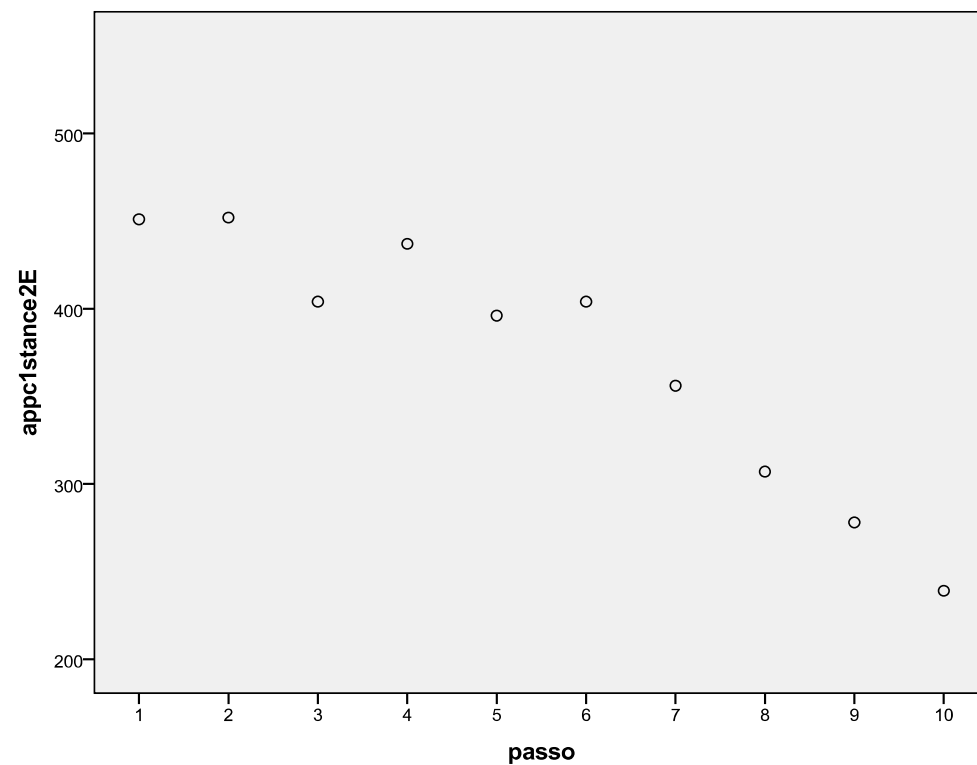
1º Momento de Avaliação

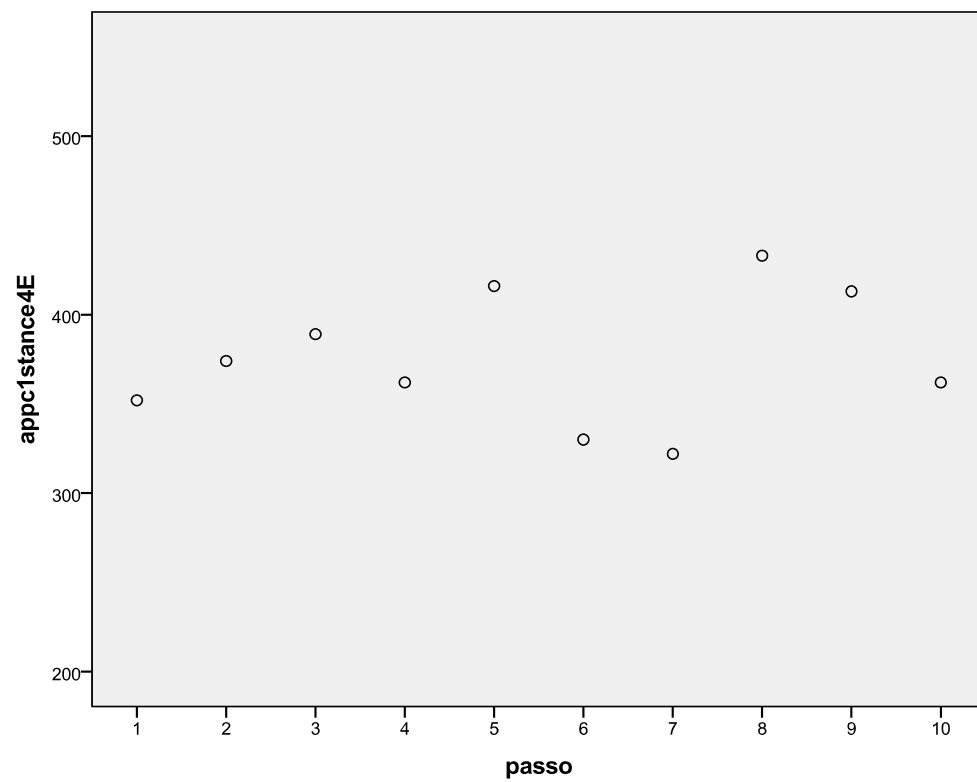
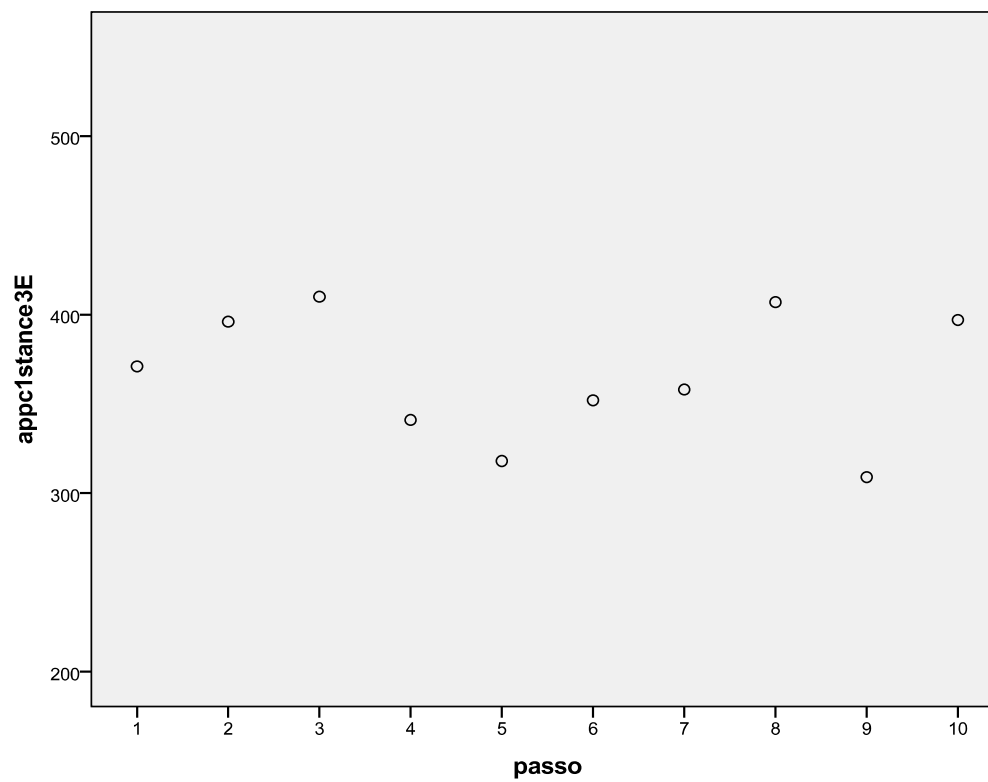


2º Momento da Avaliação



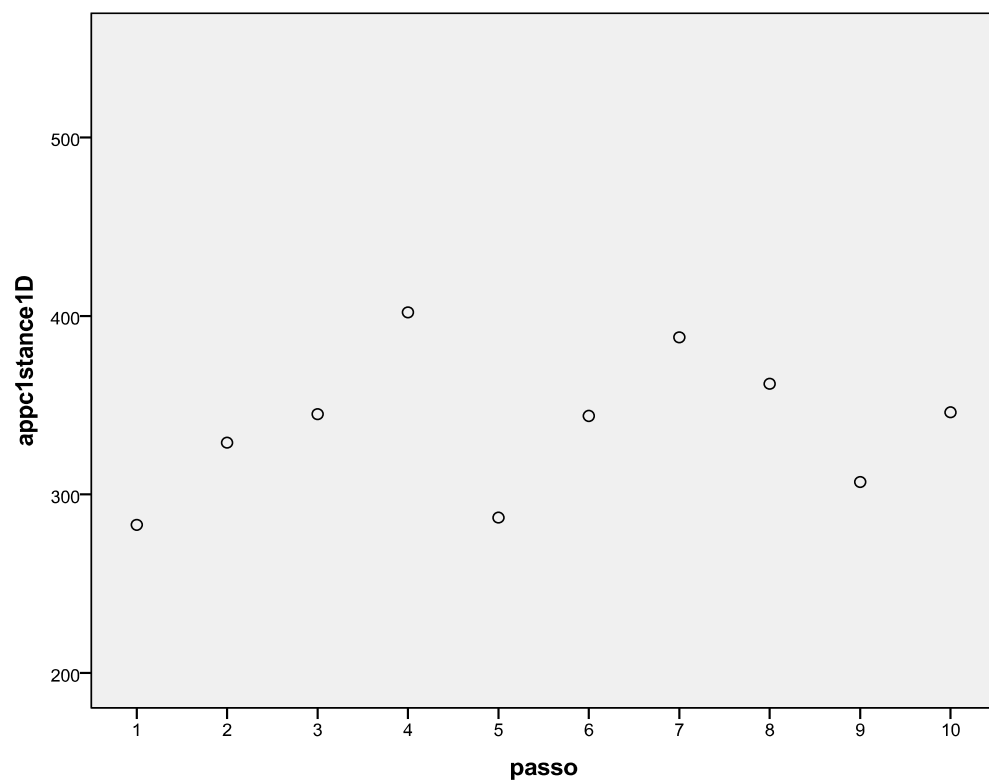
3º Momento de Avaliação**4º Momento de Avaliação**

INDIVÍDUO A - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ**Membro inferior não afectado (esquerdo)****1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

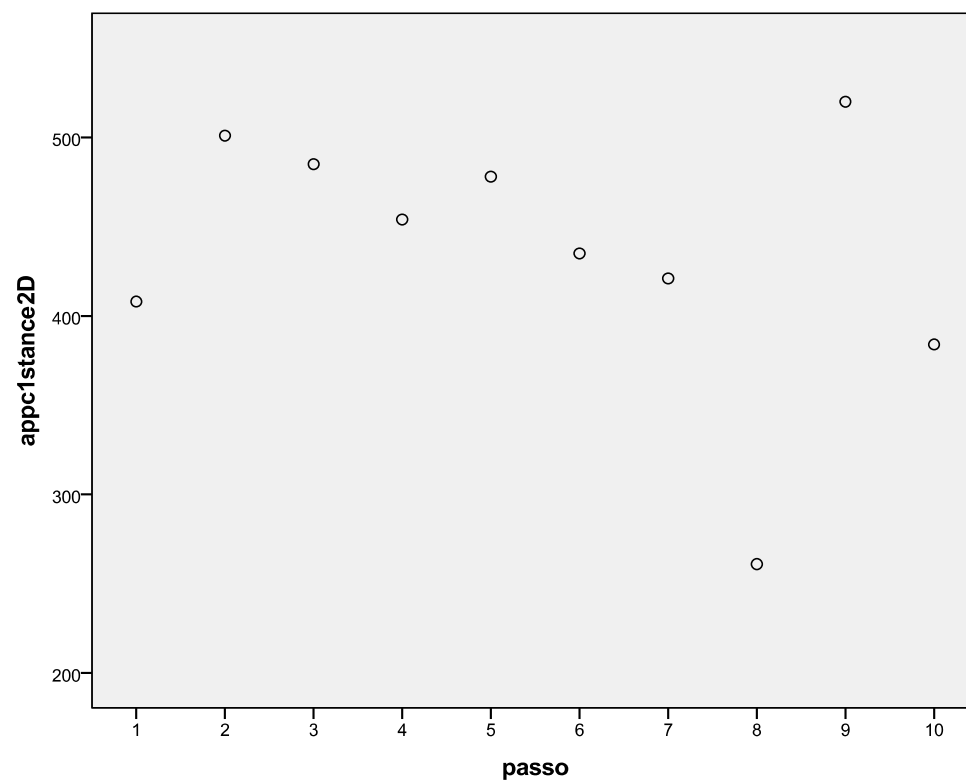
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

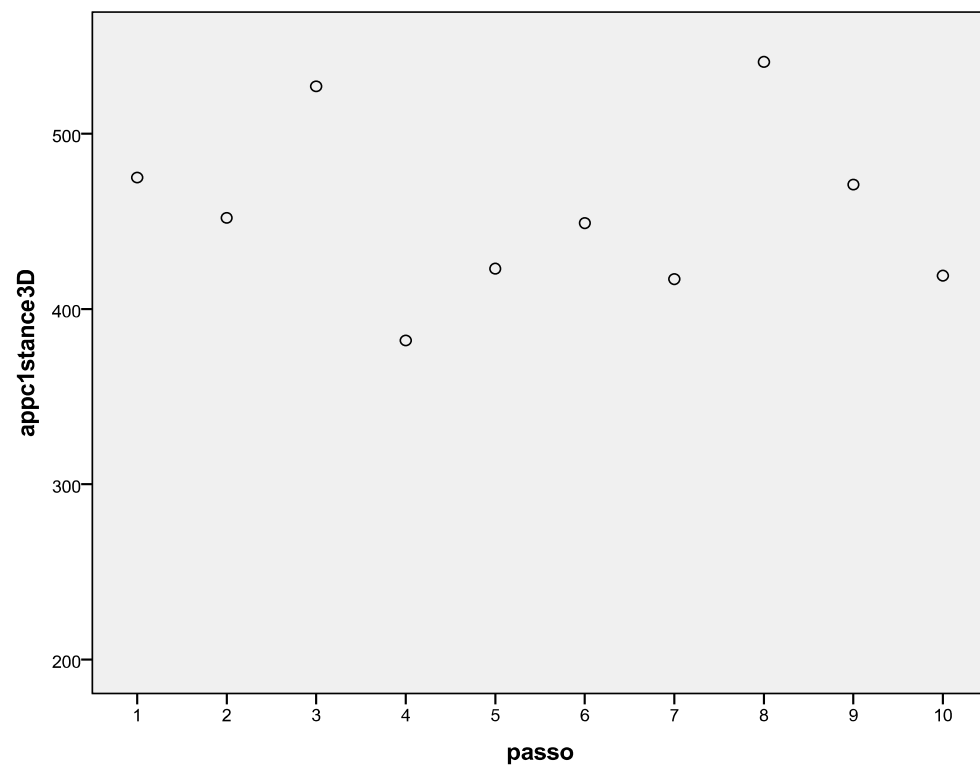
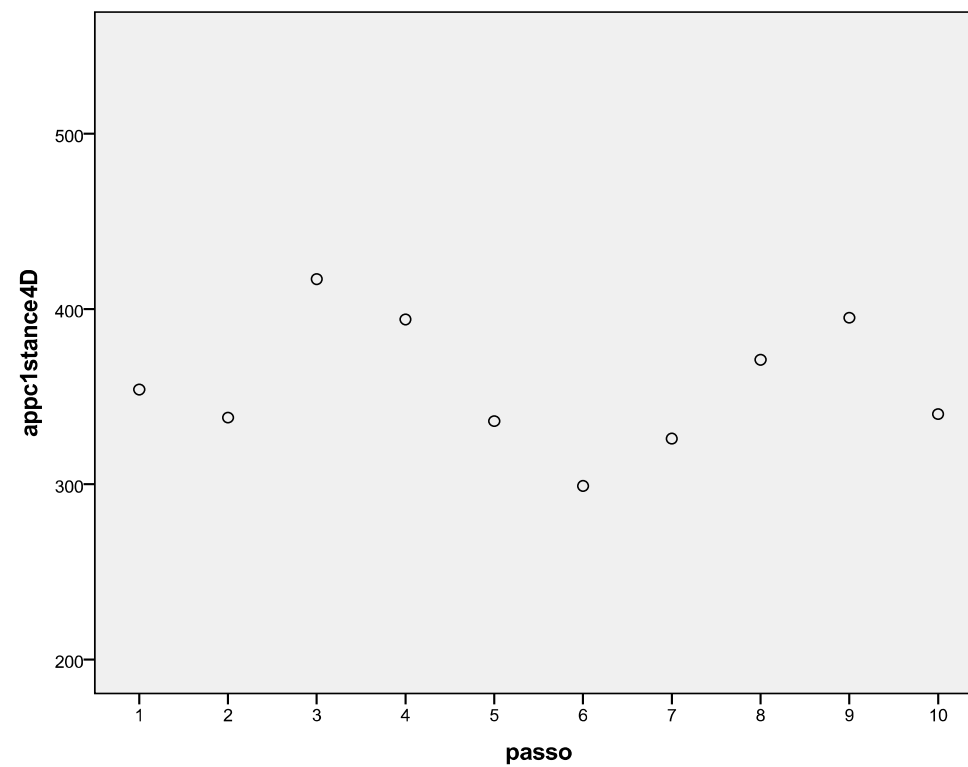
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

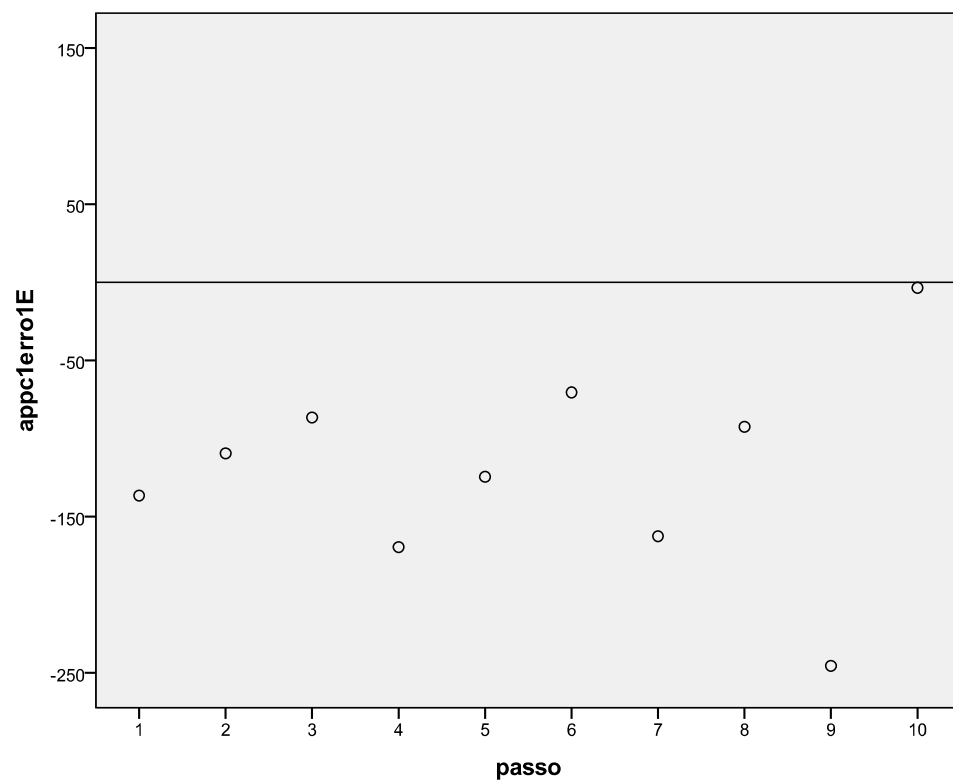


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

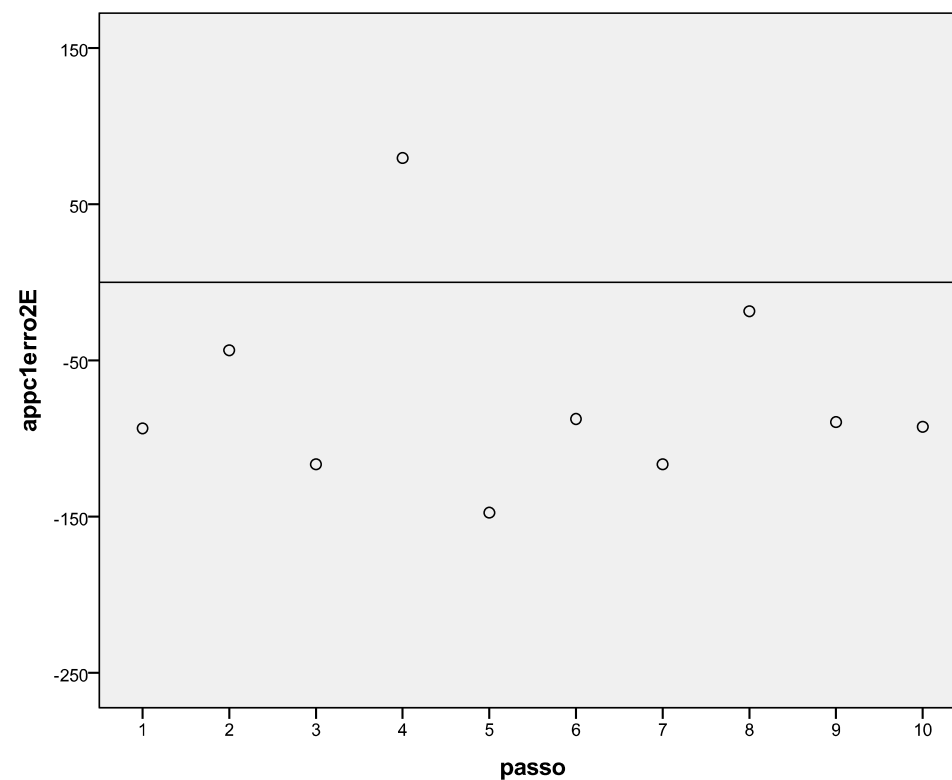
INDIVÍDUO A - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

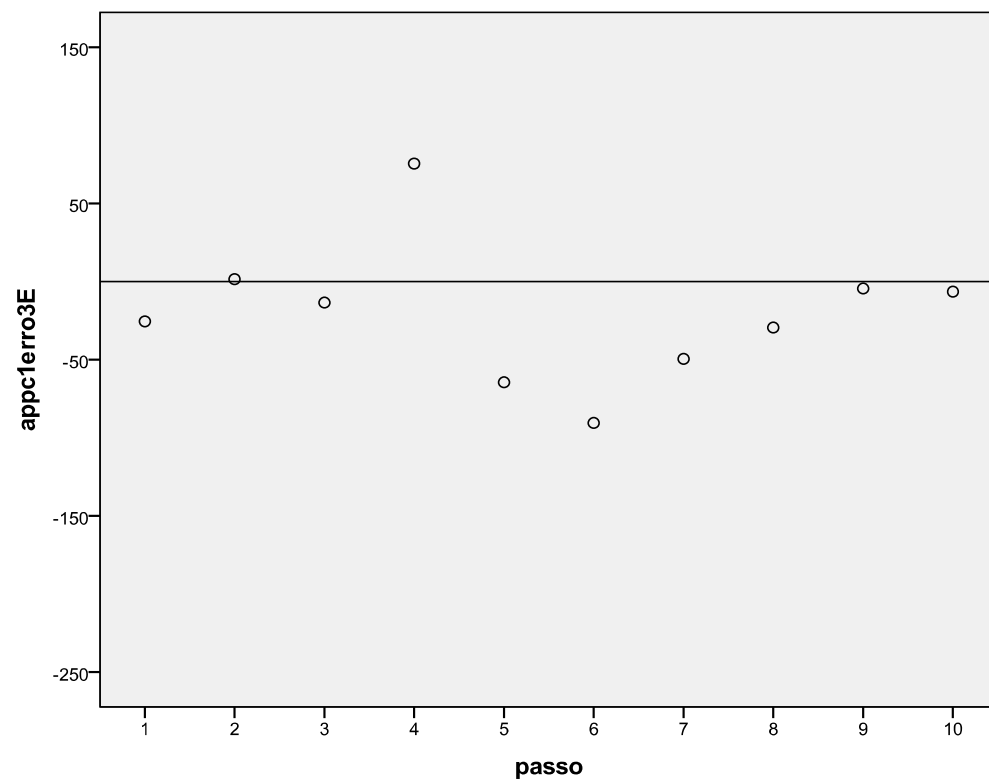
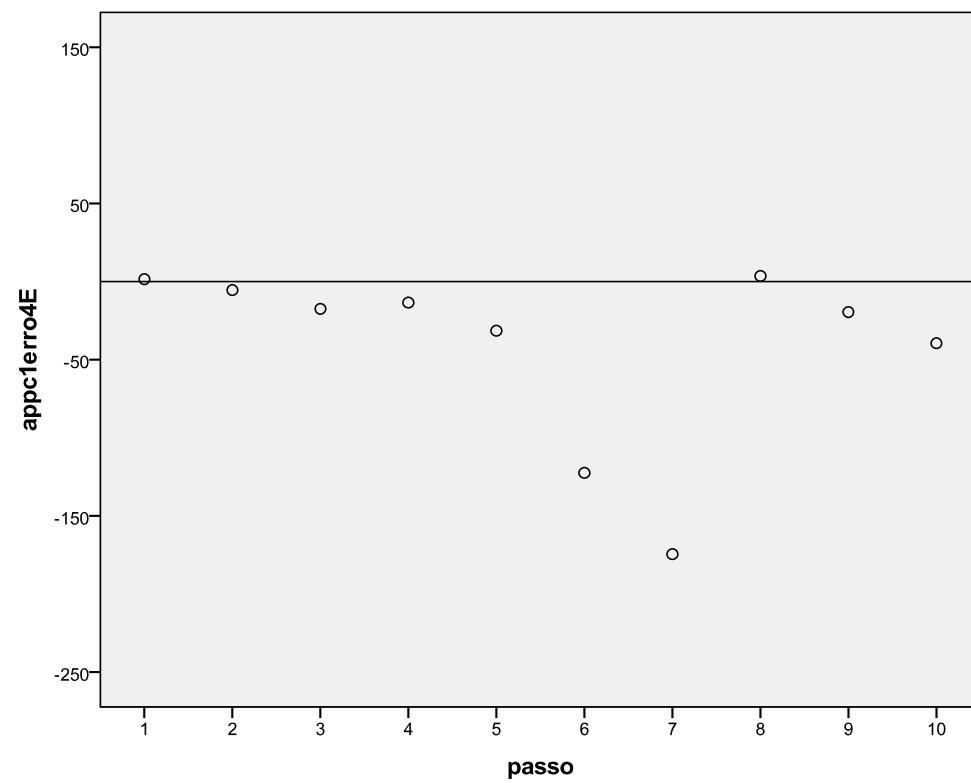
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



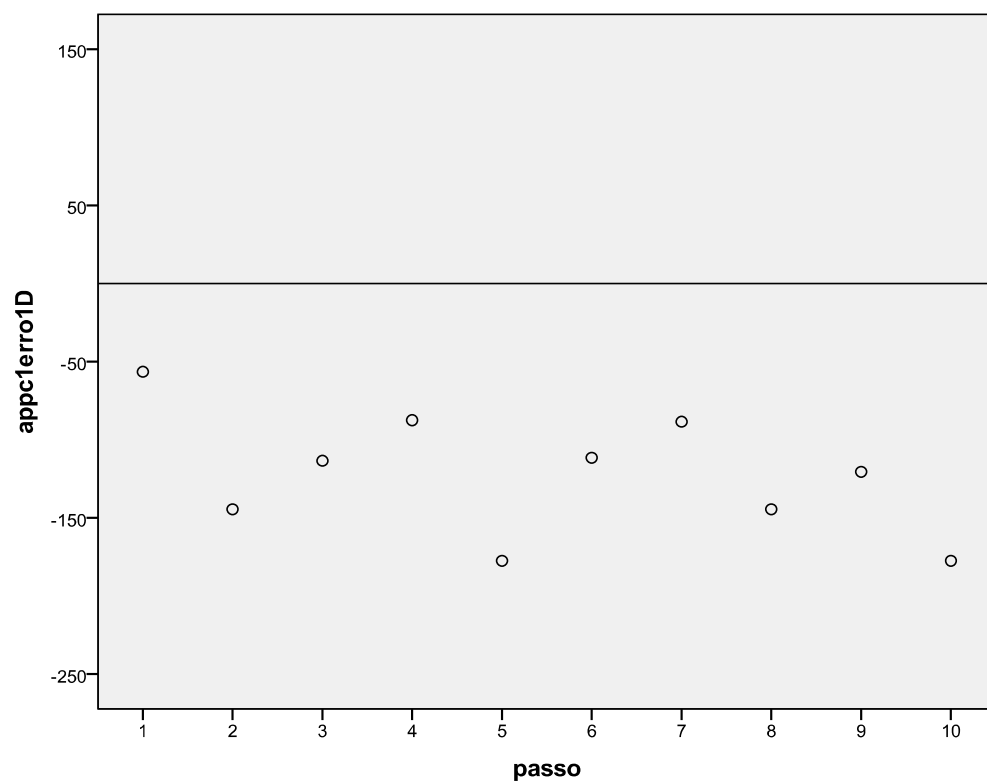
2º Momento da Avaliação



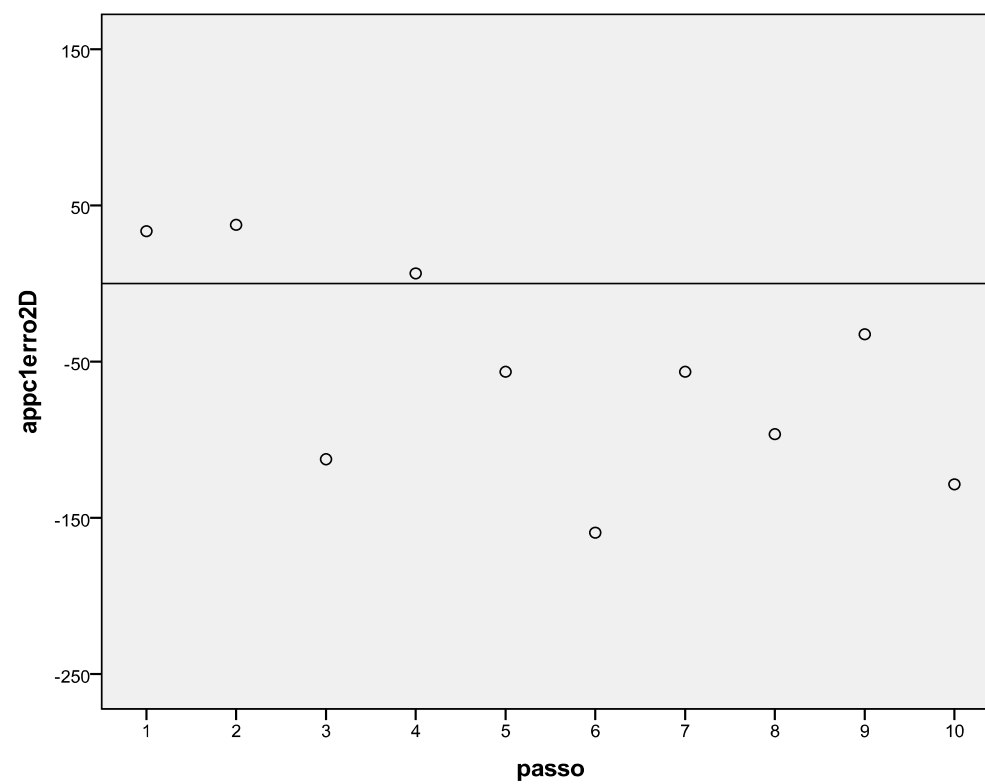
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

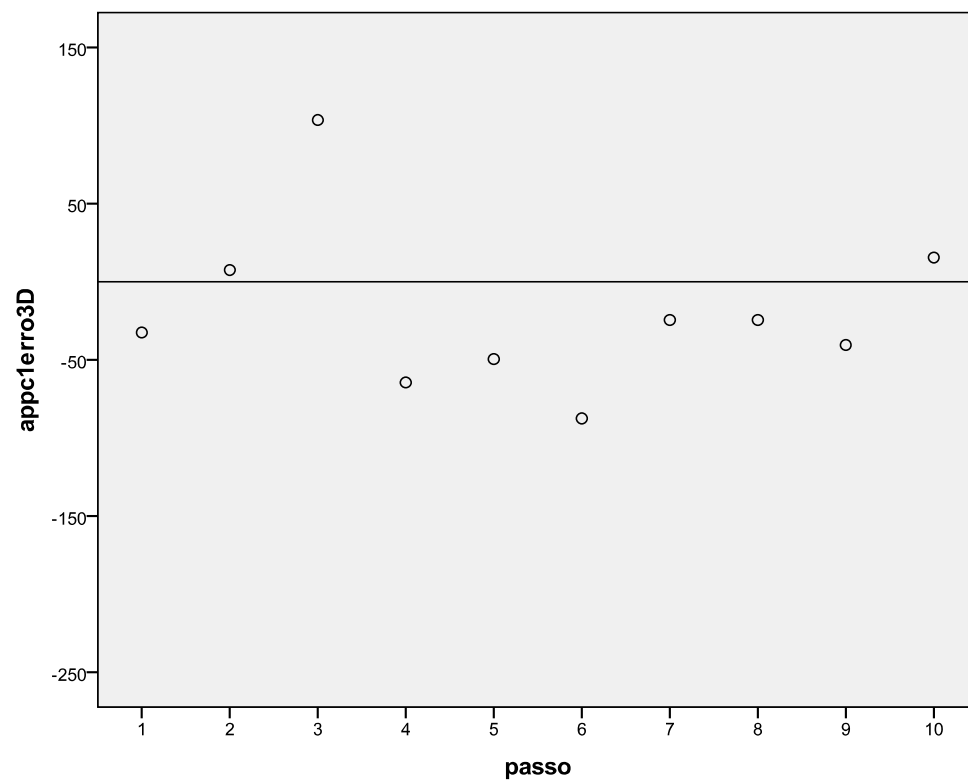
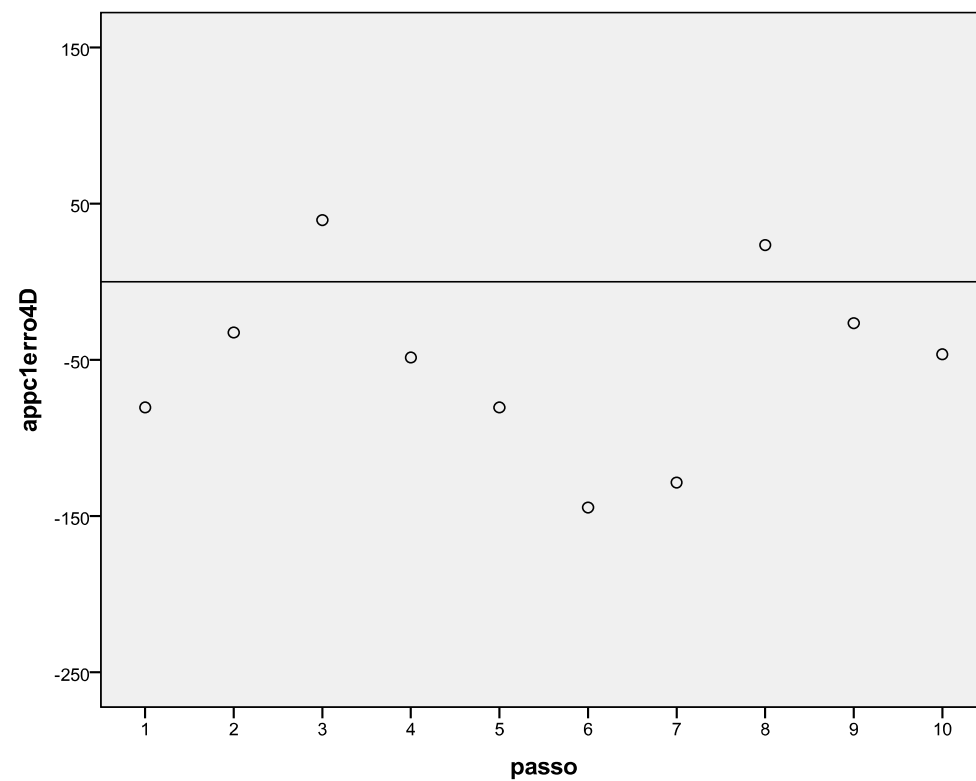
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

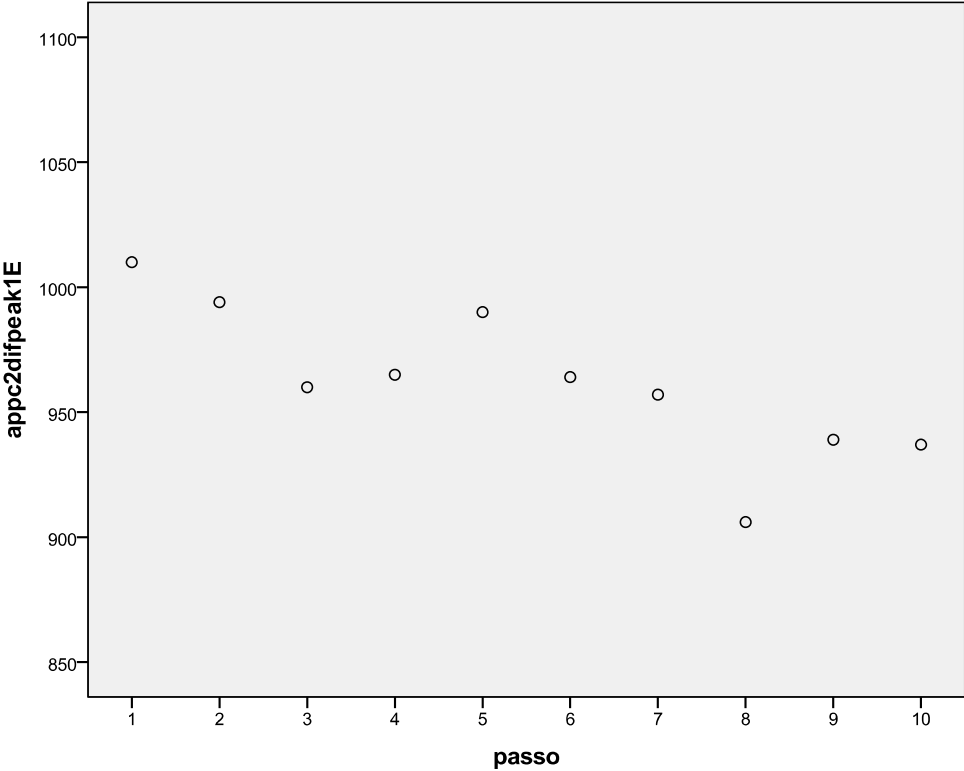


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

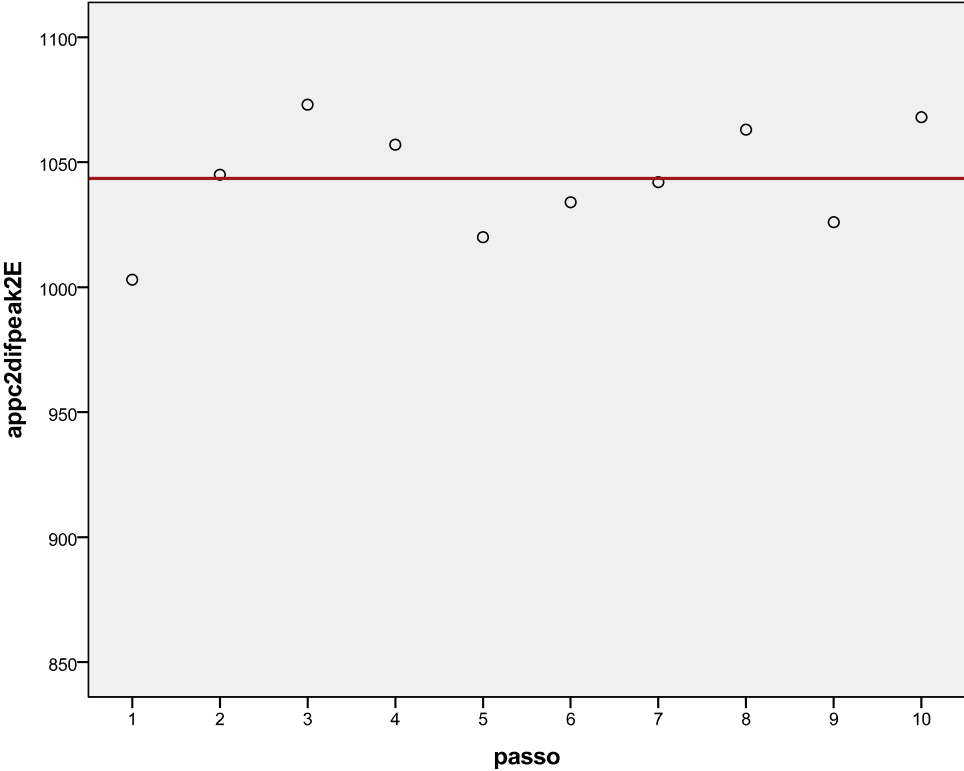
INDIVÍDUO B - DURAÇÃO DO PASSO

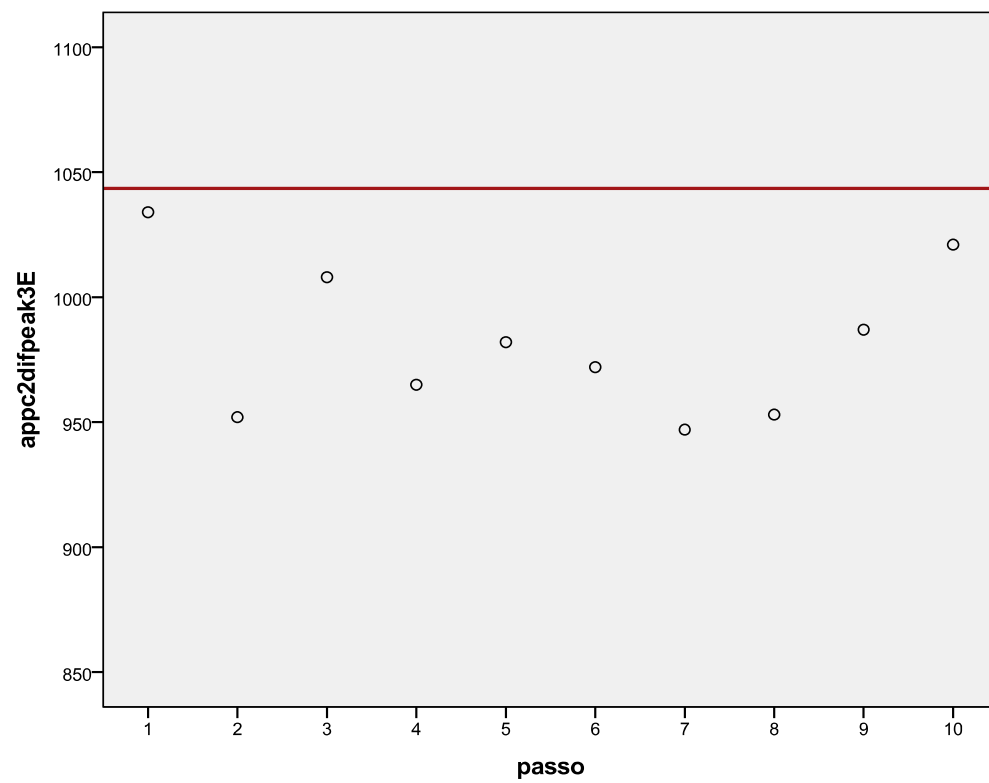
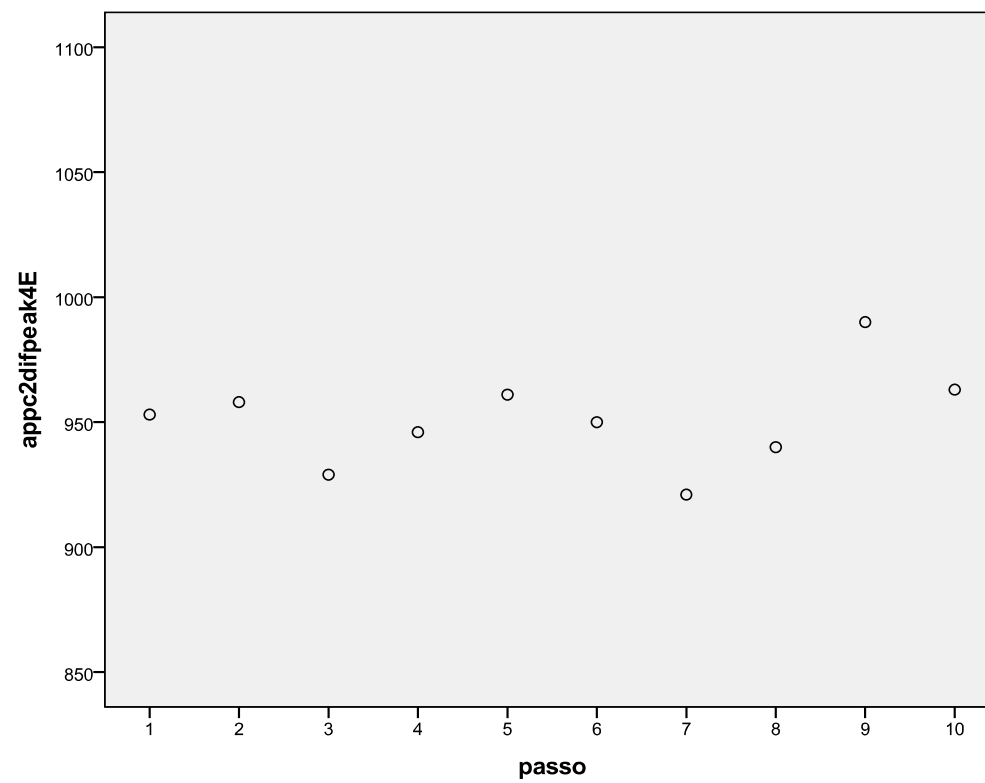
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



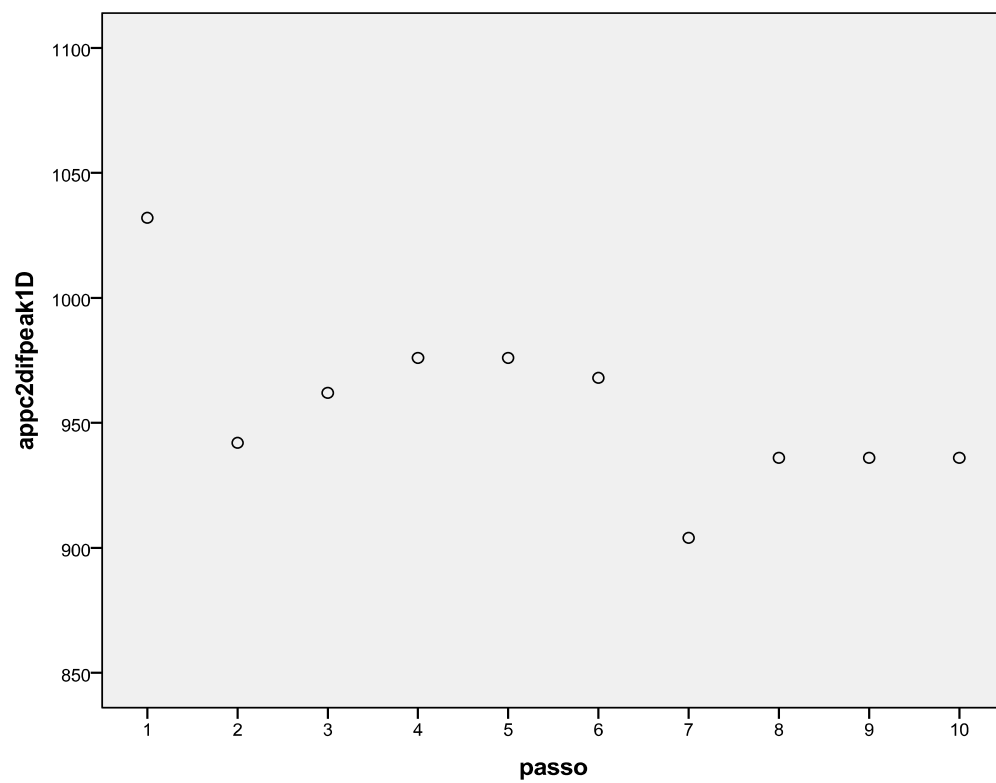
2º Momento da Avaliação



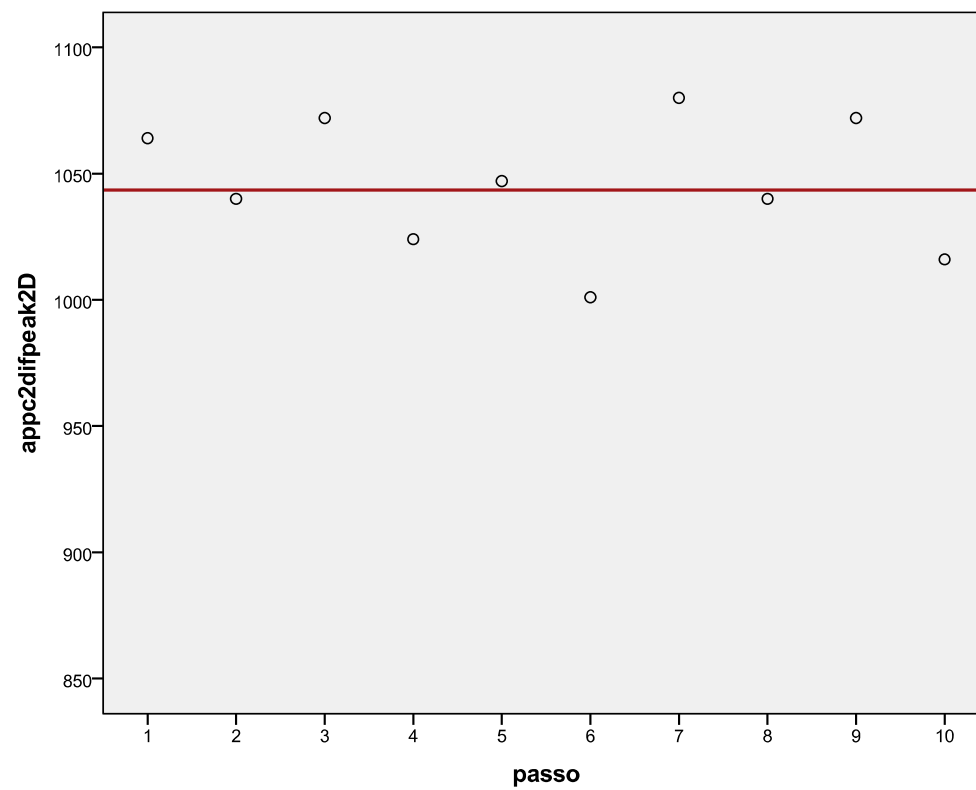
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

Membro inferior hemiparético (direito)

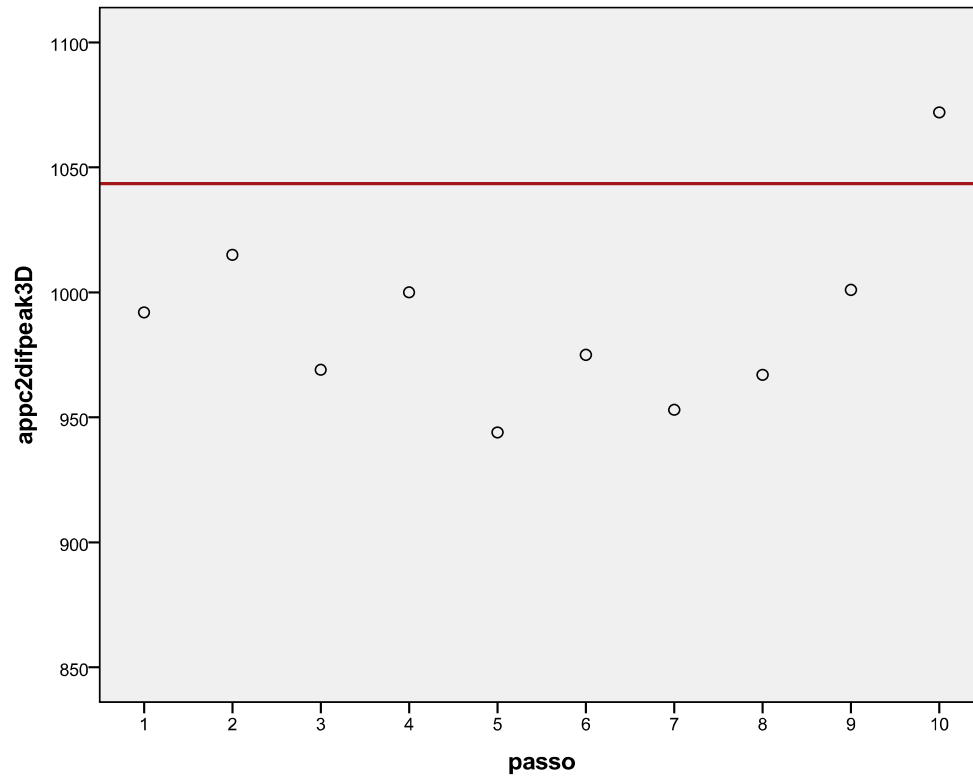
1º Momento de Avaliação



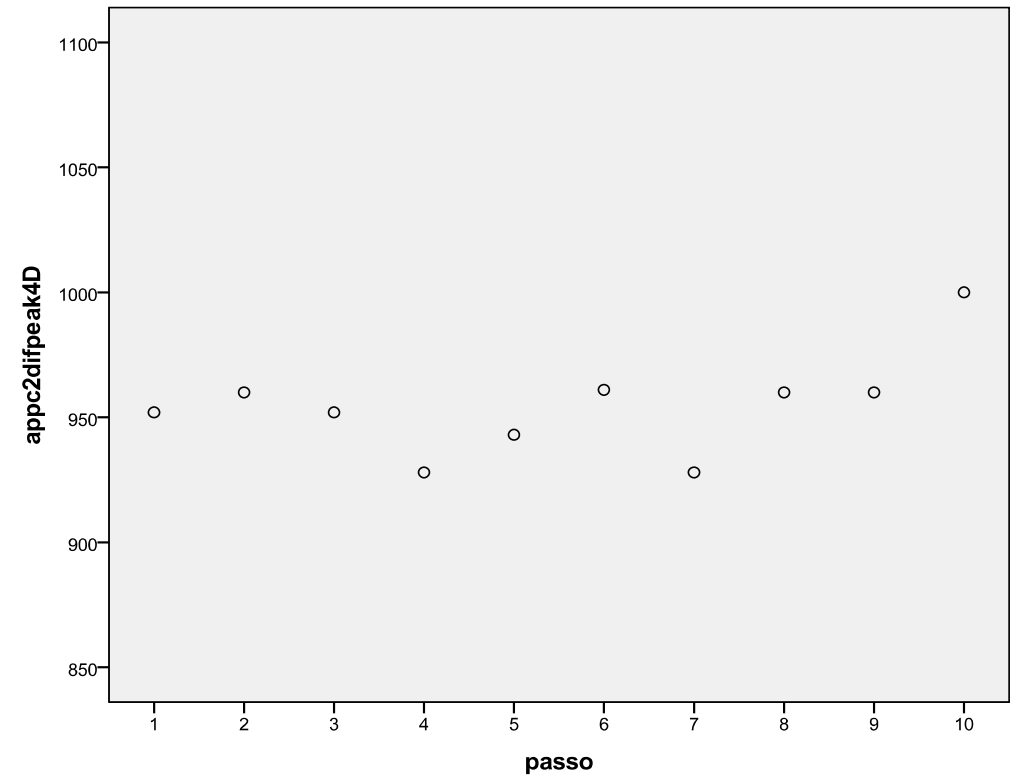
2º Momento da Avaliação

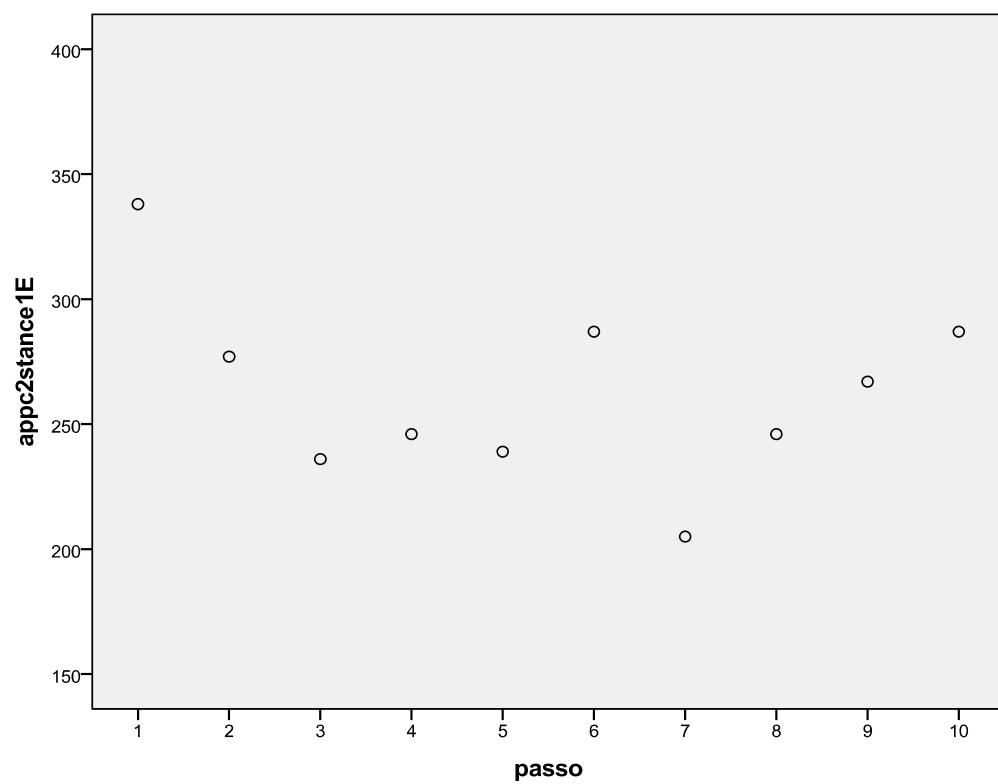
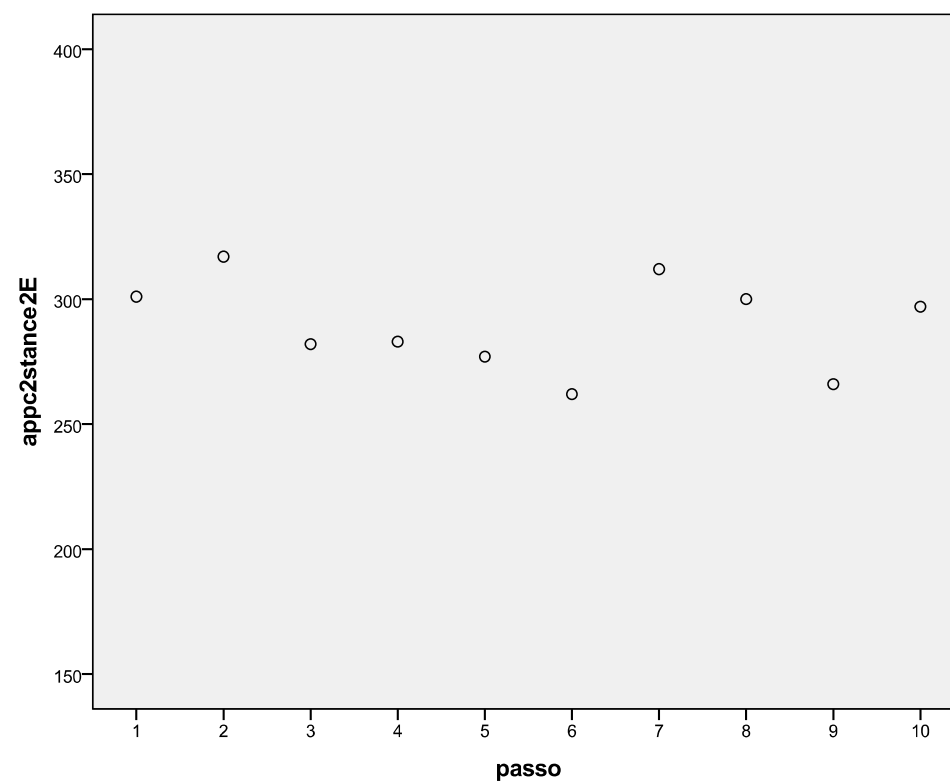


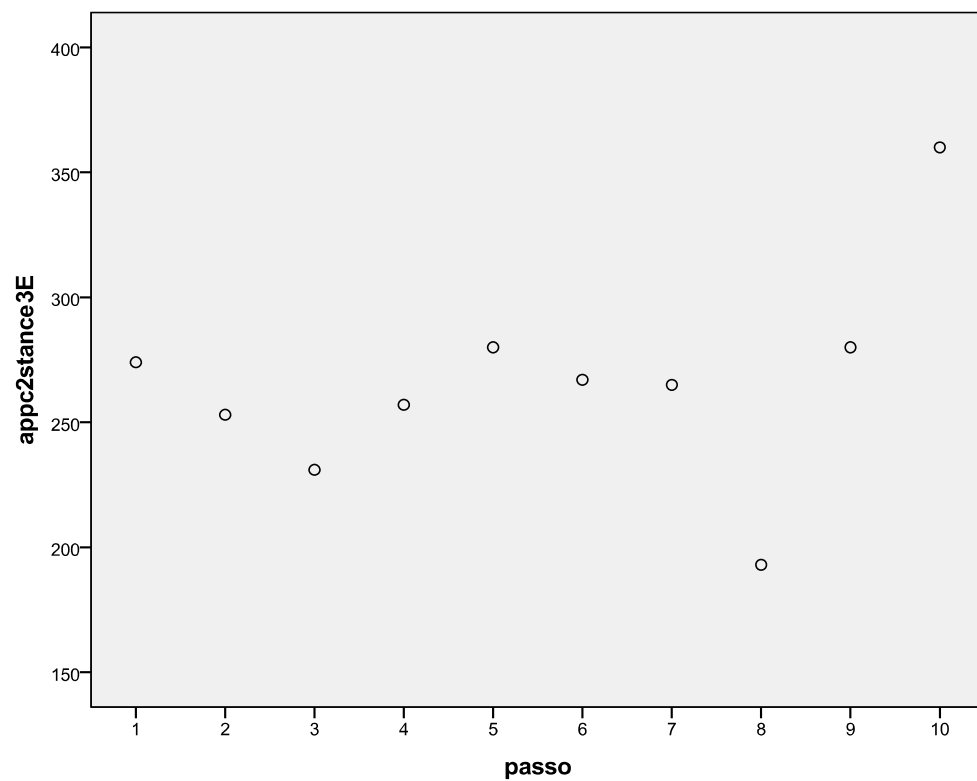
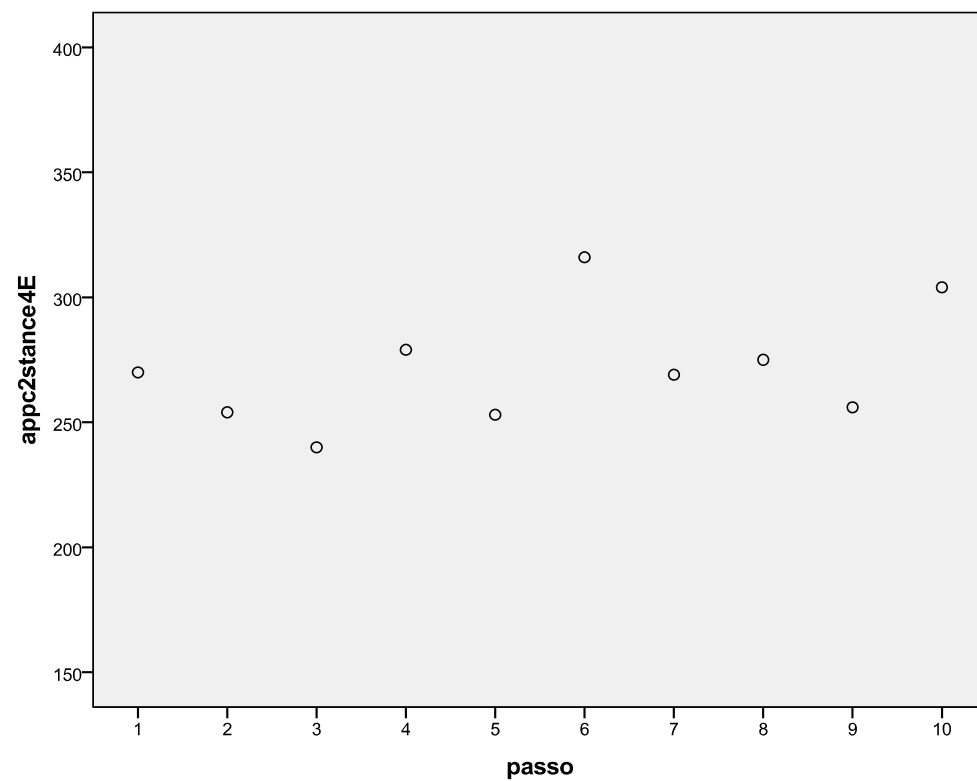
3º Momento de Avaliação



4º Momento da Avaliação

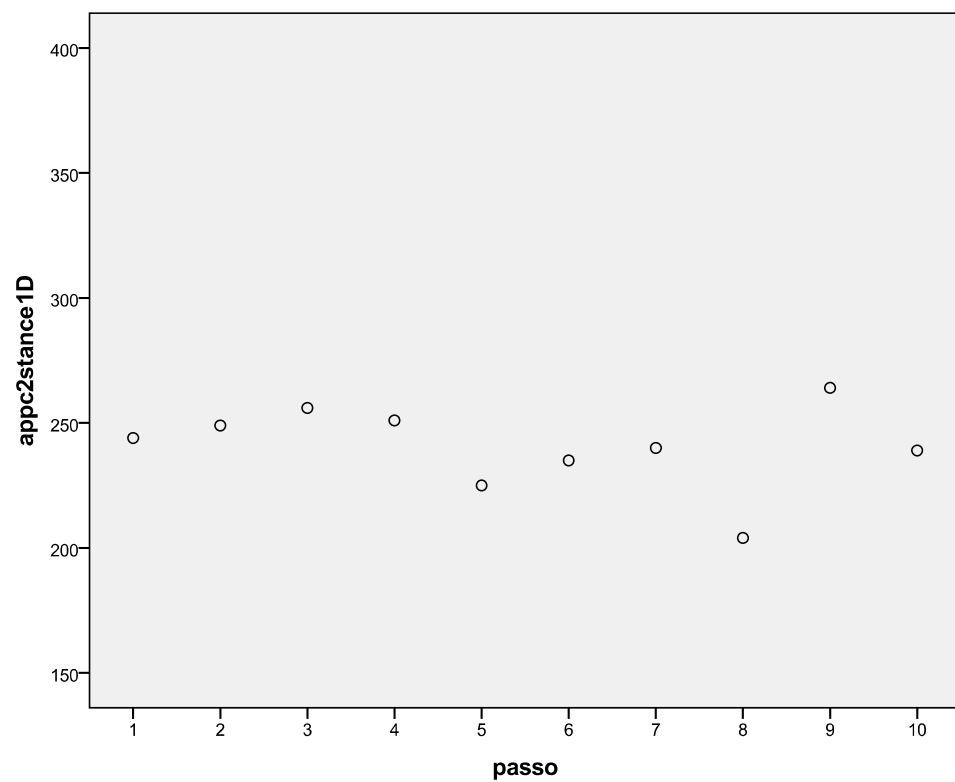


INDIVÍDUO B - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ**Membro inferior não afectado (esquerdo)****1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

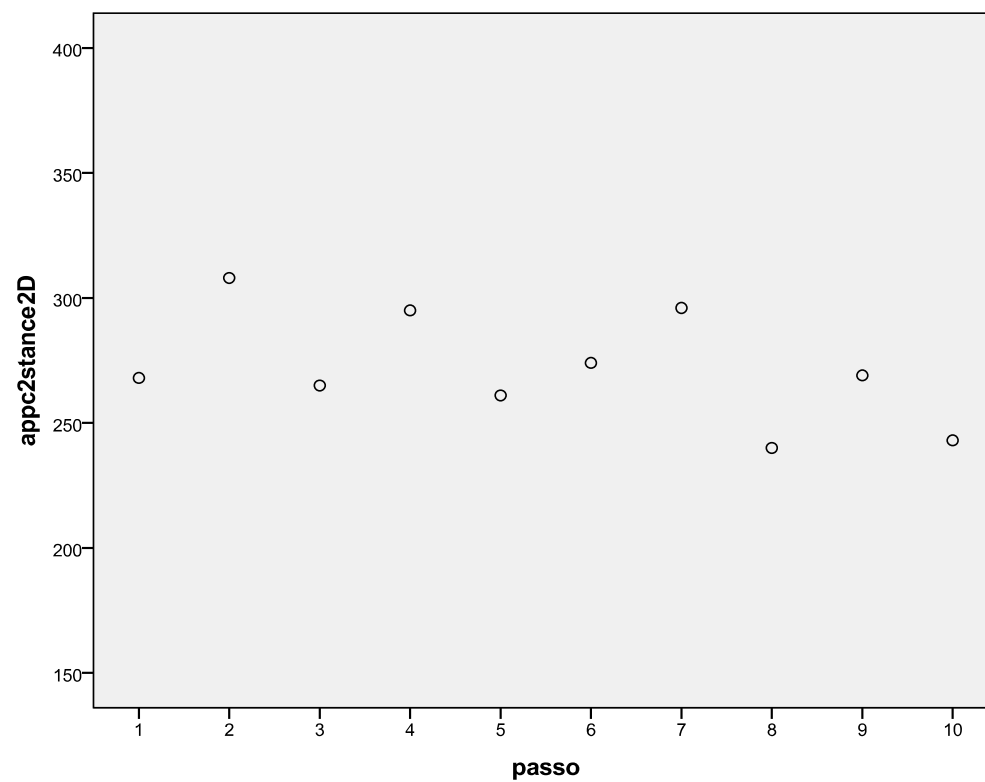
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

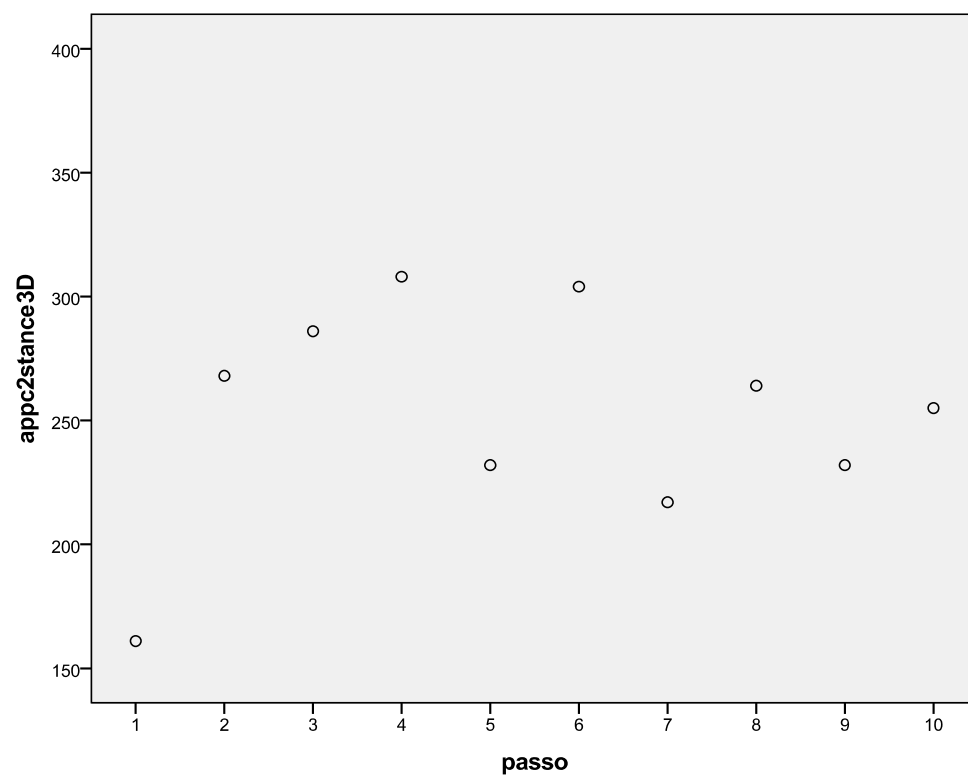
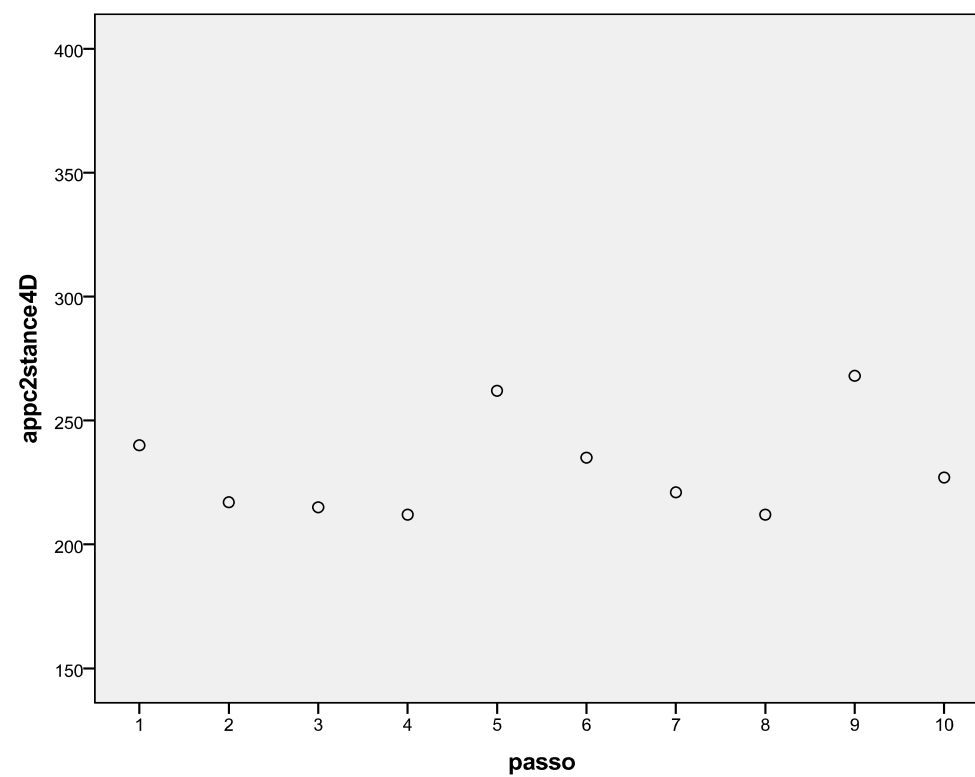
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

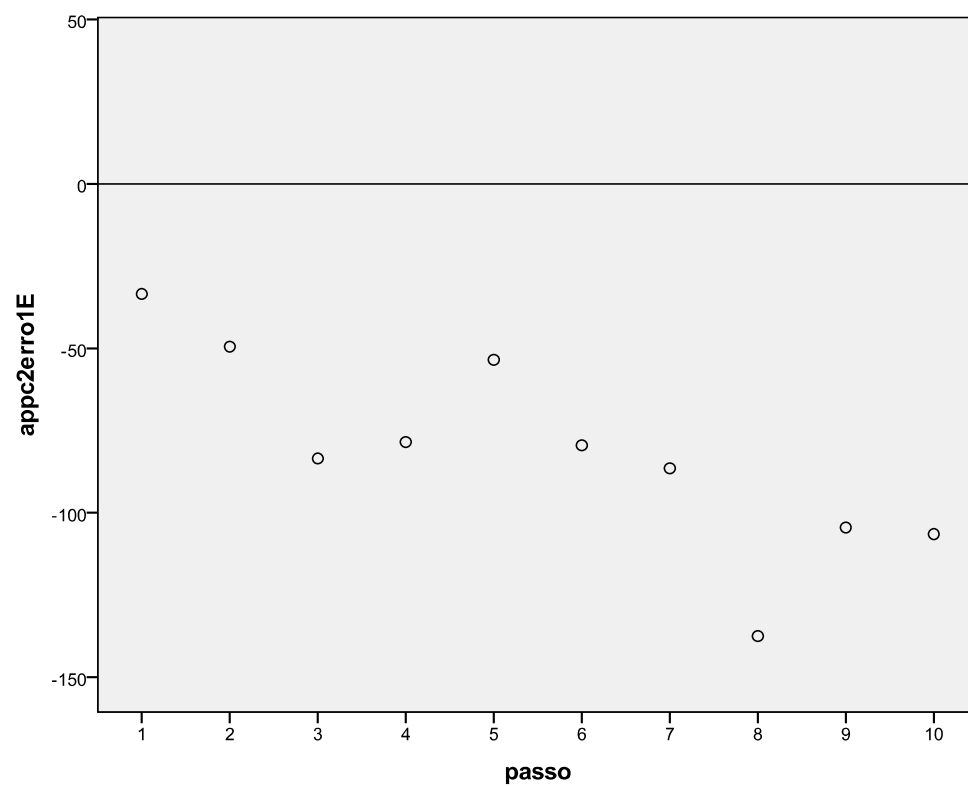


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

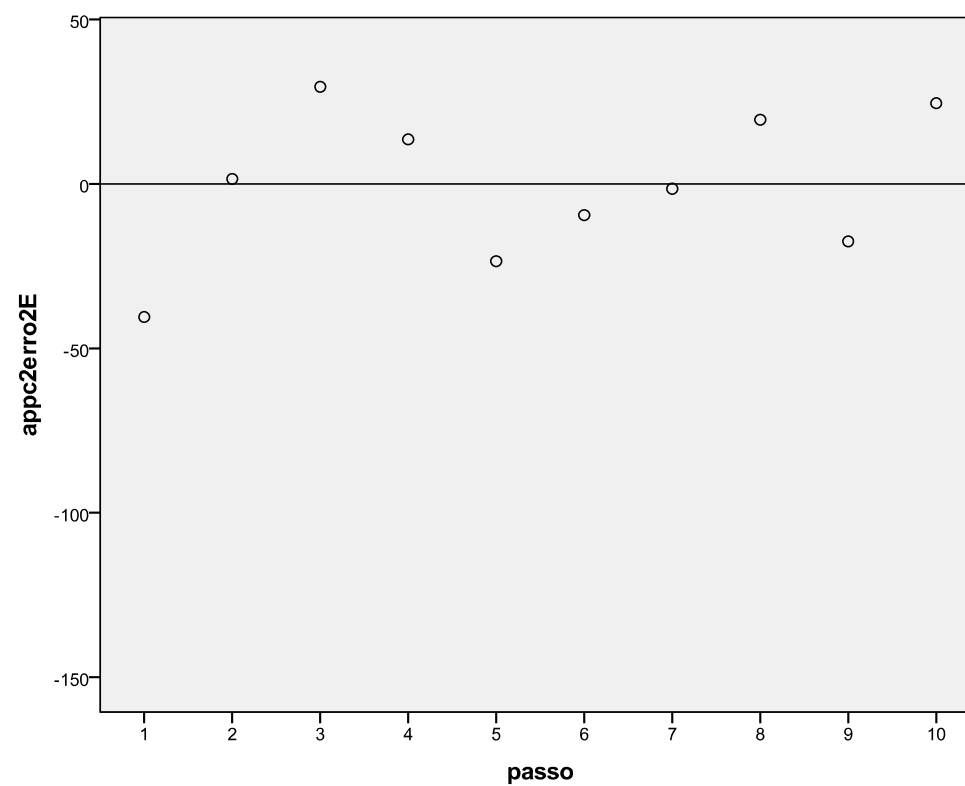
INDIVÍDUO B - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

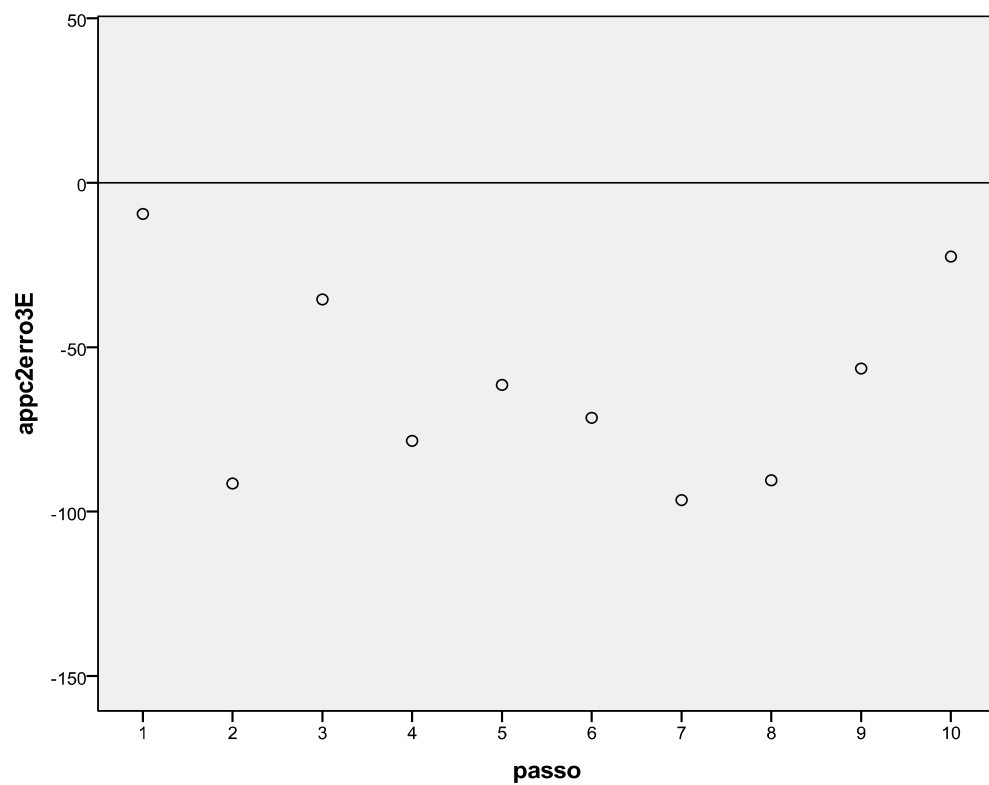
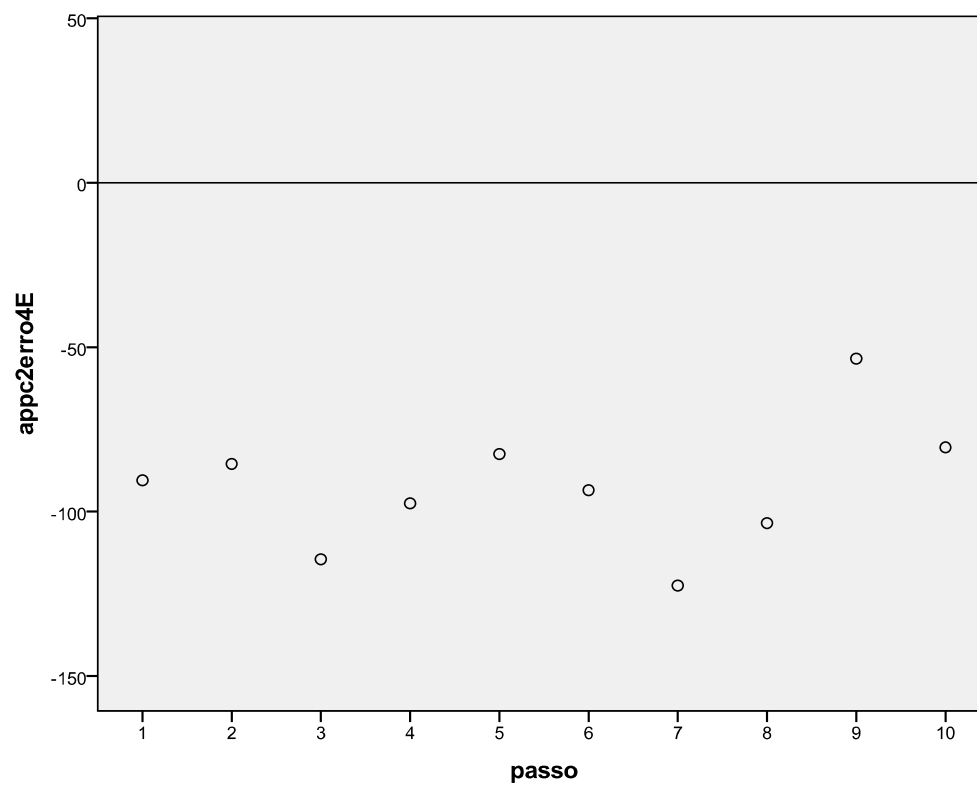
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



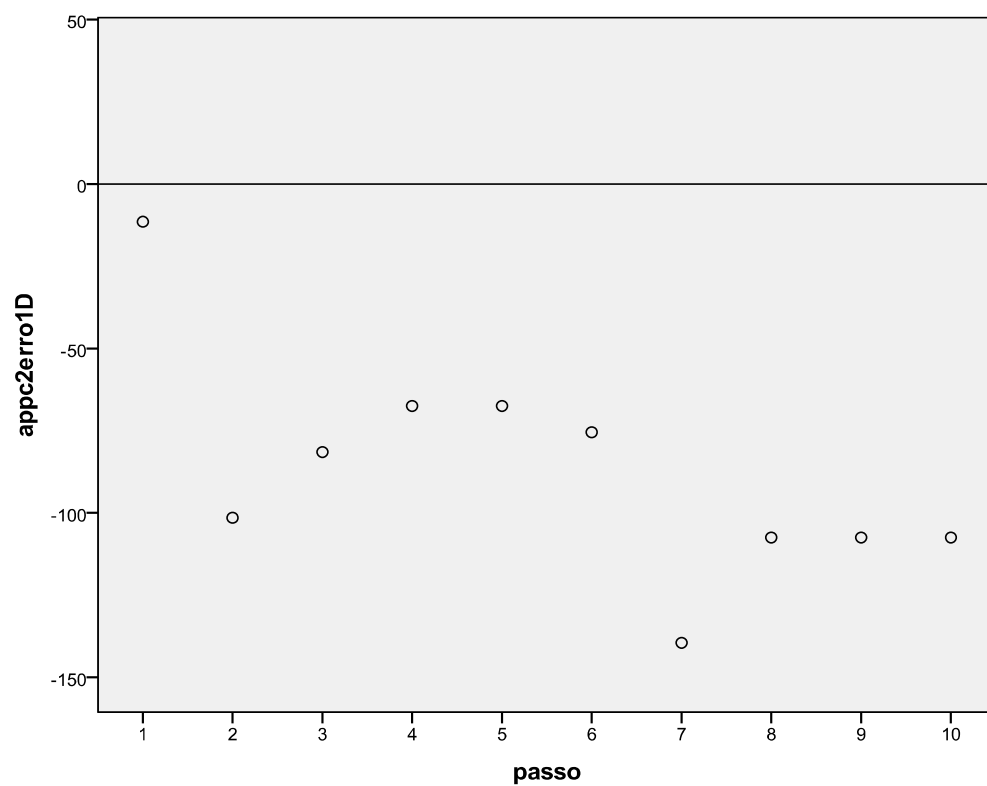
2º Momento da Avaliação



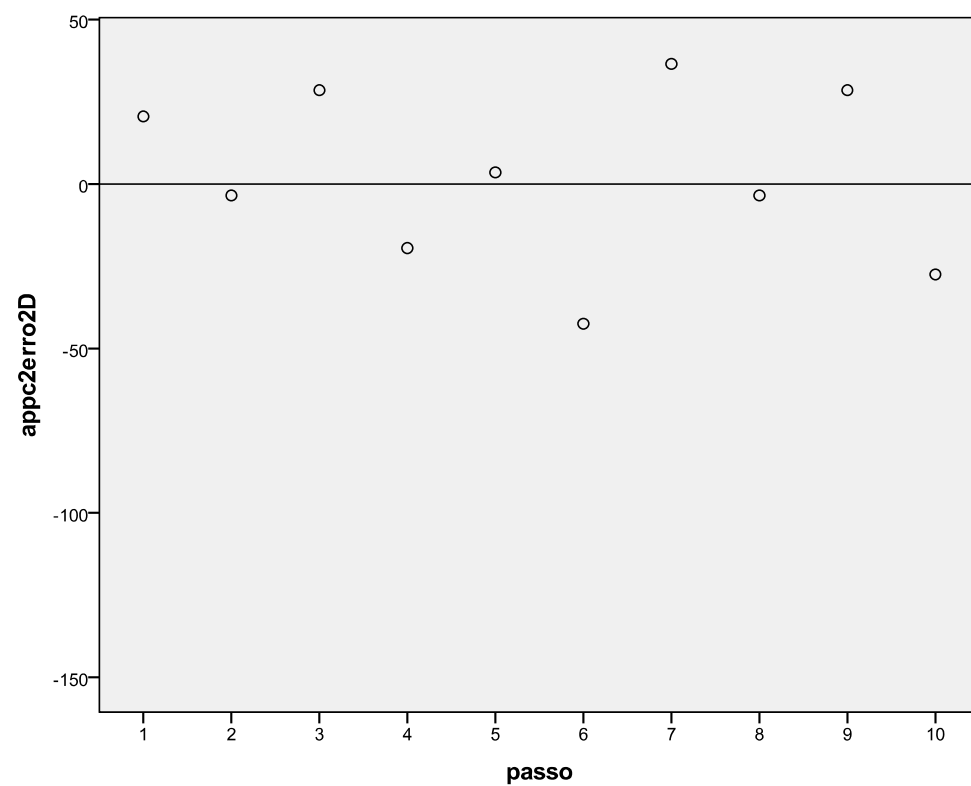
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

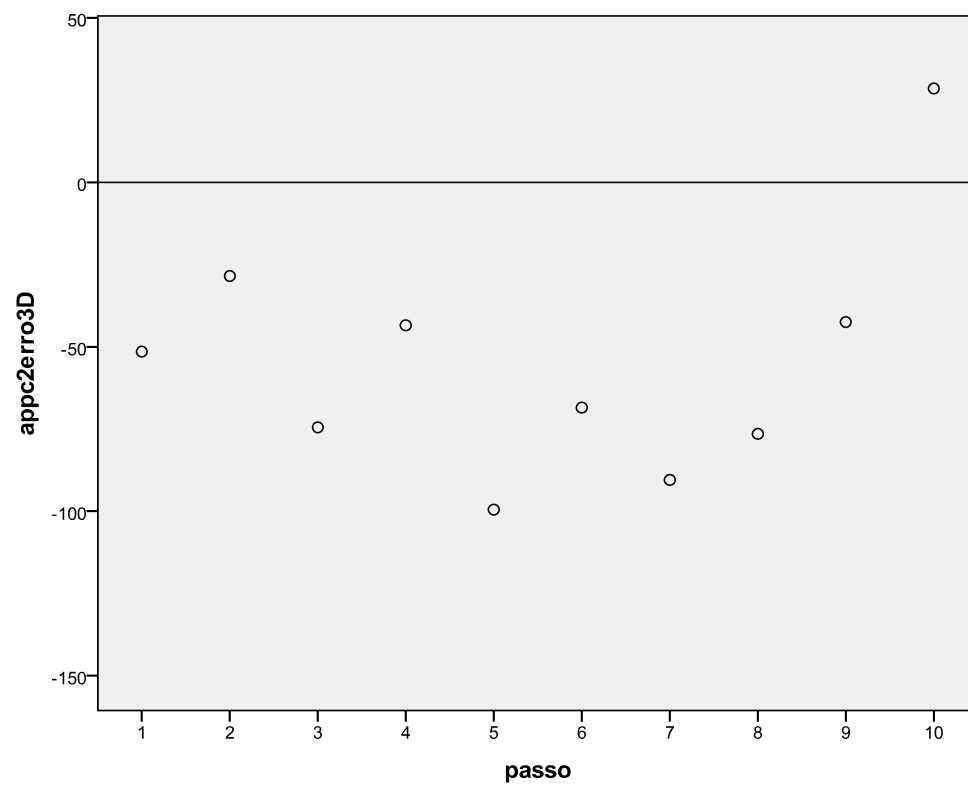
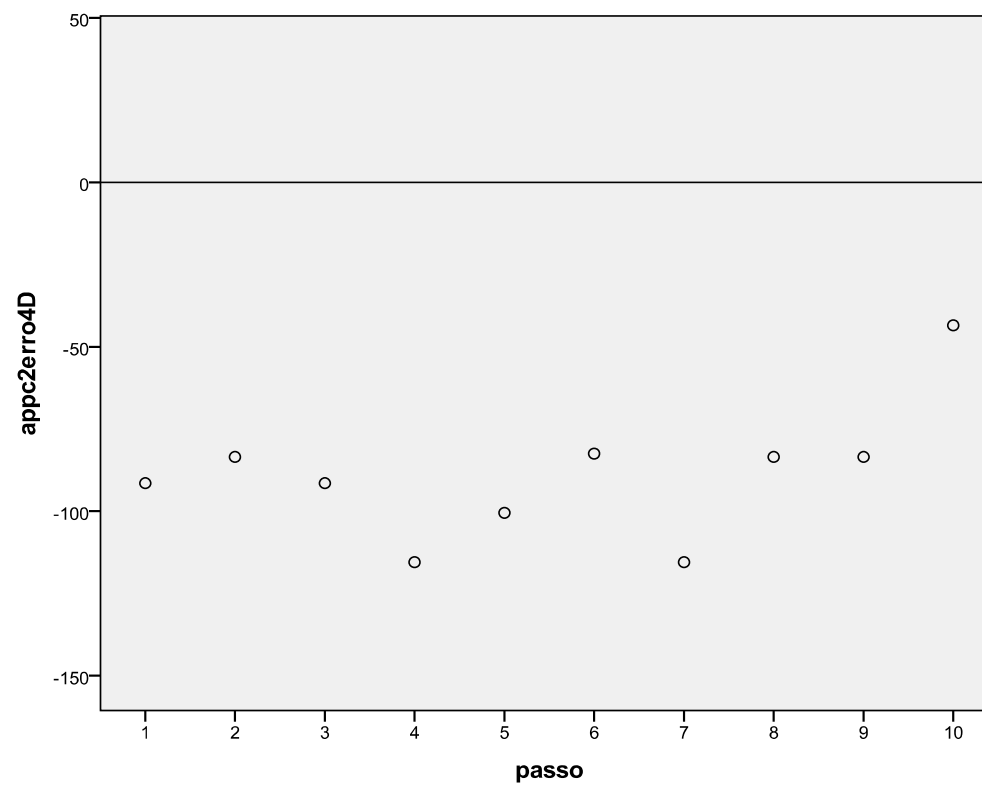
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação Membro inferior direito

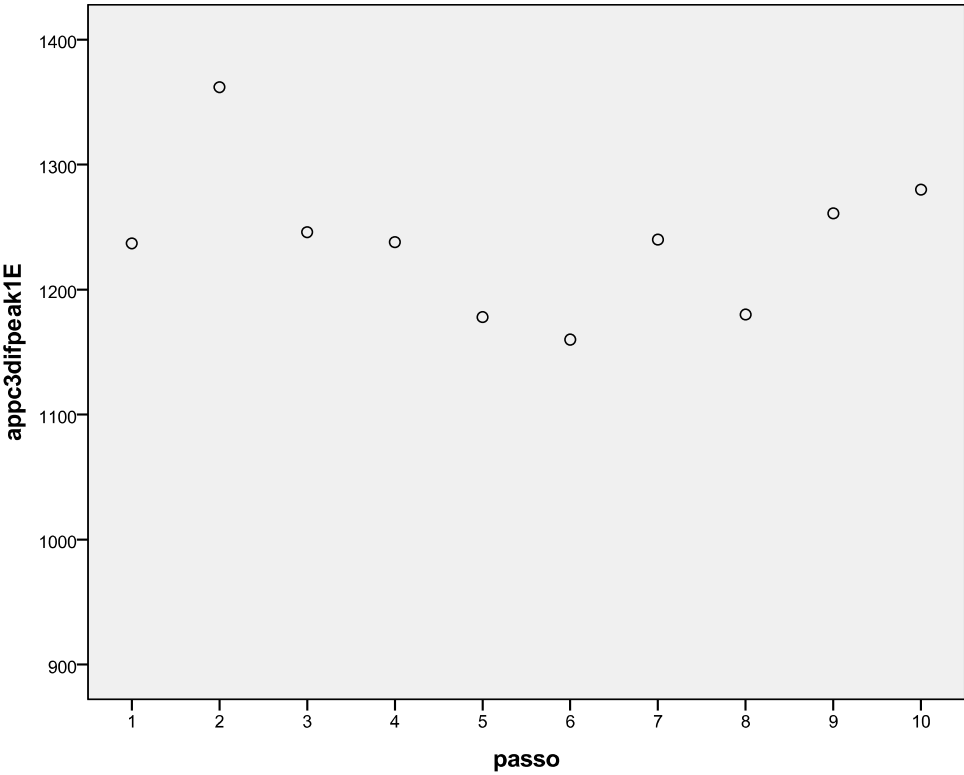


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

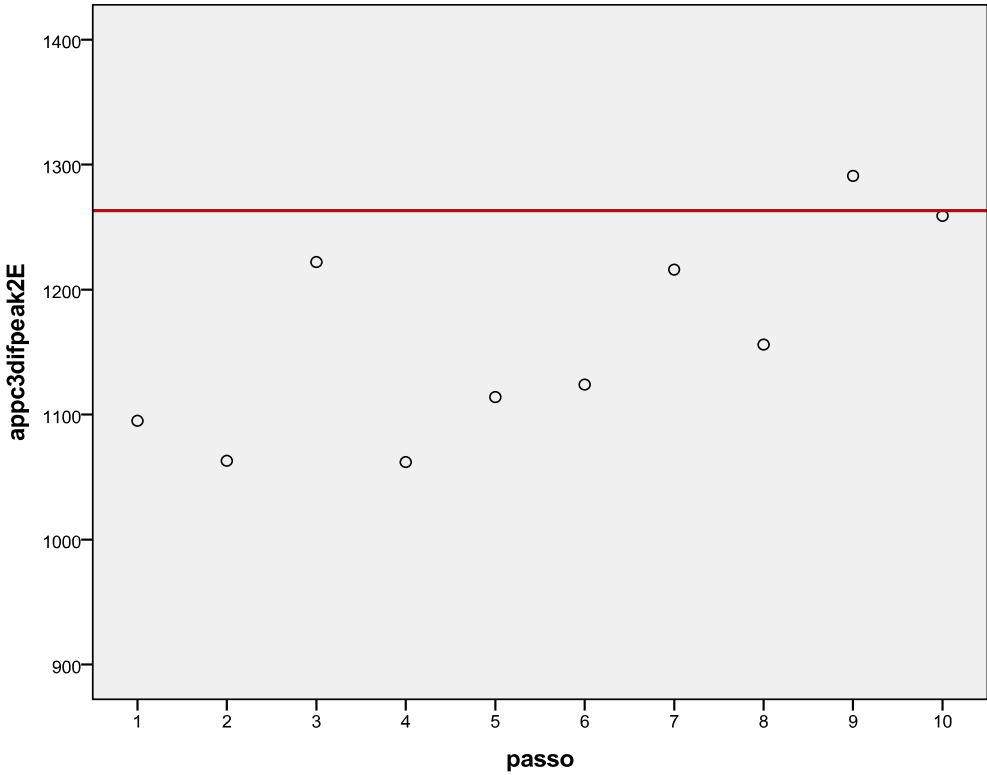
INDIVÍDUO C - DURAÇÃO DO PASSO

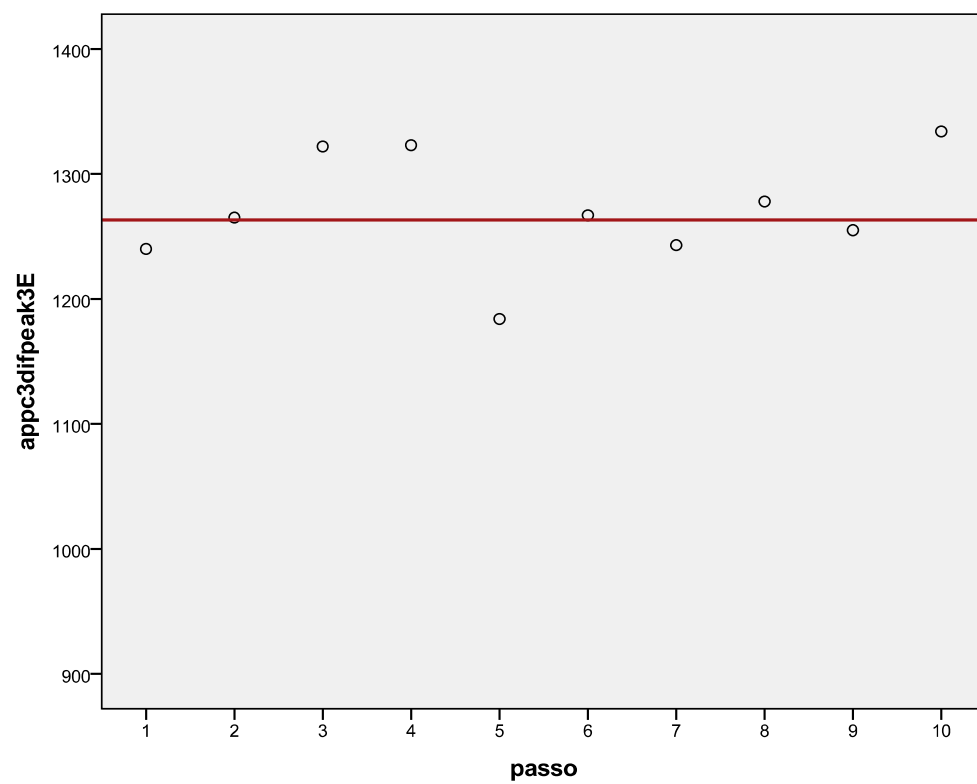
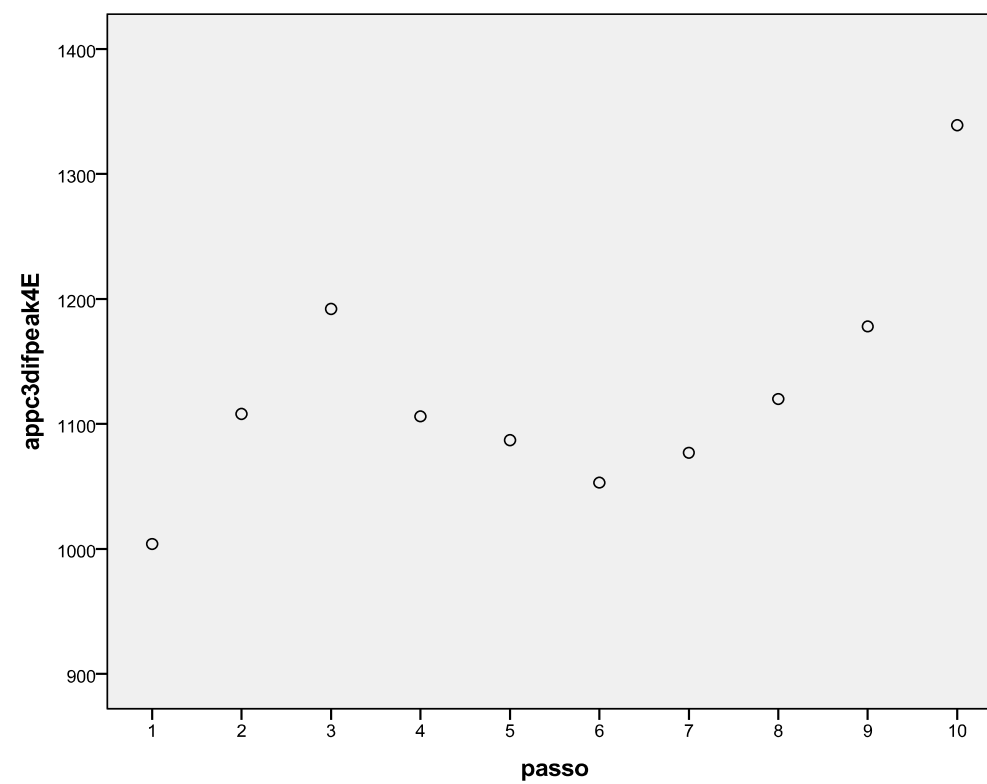
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



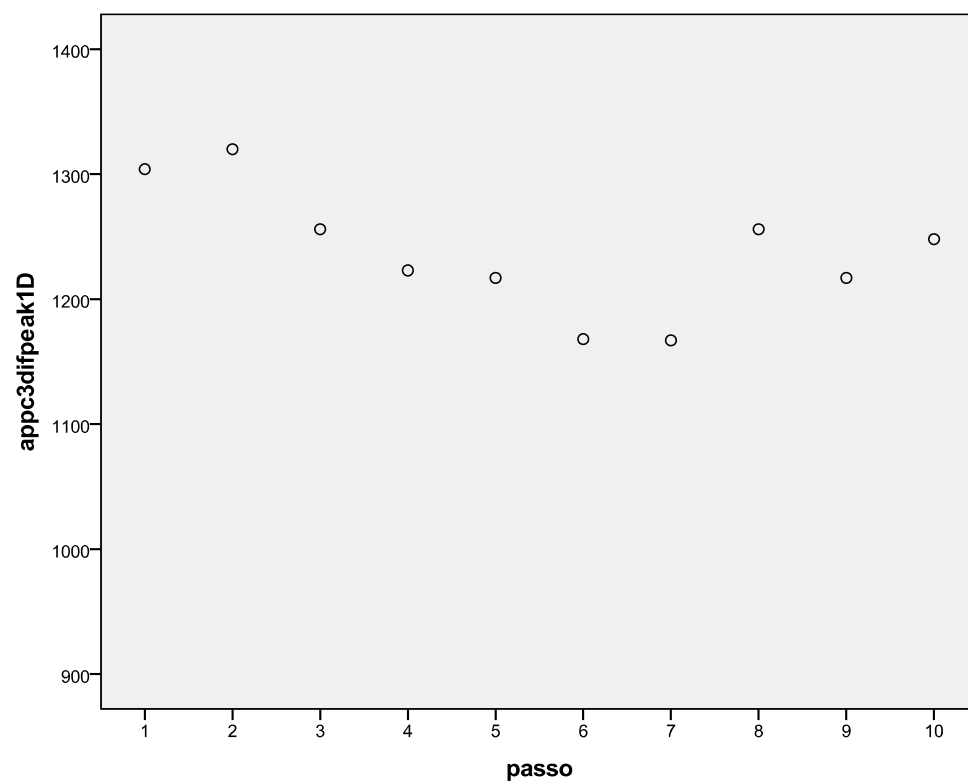
2º Momento da Avaliação



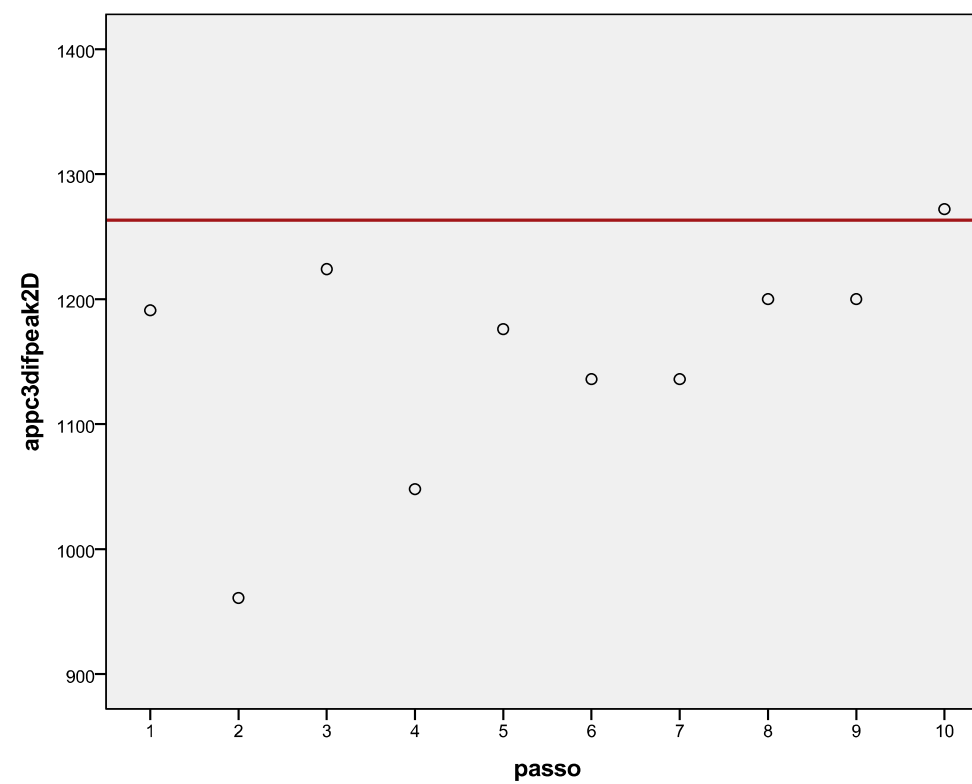
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

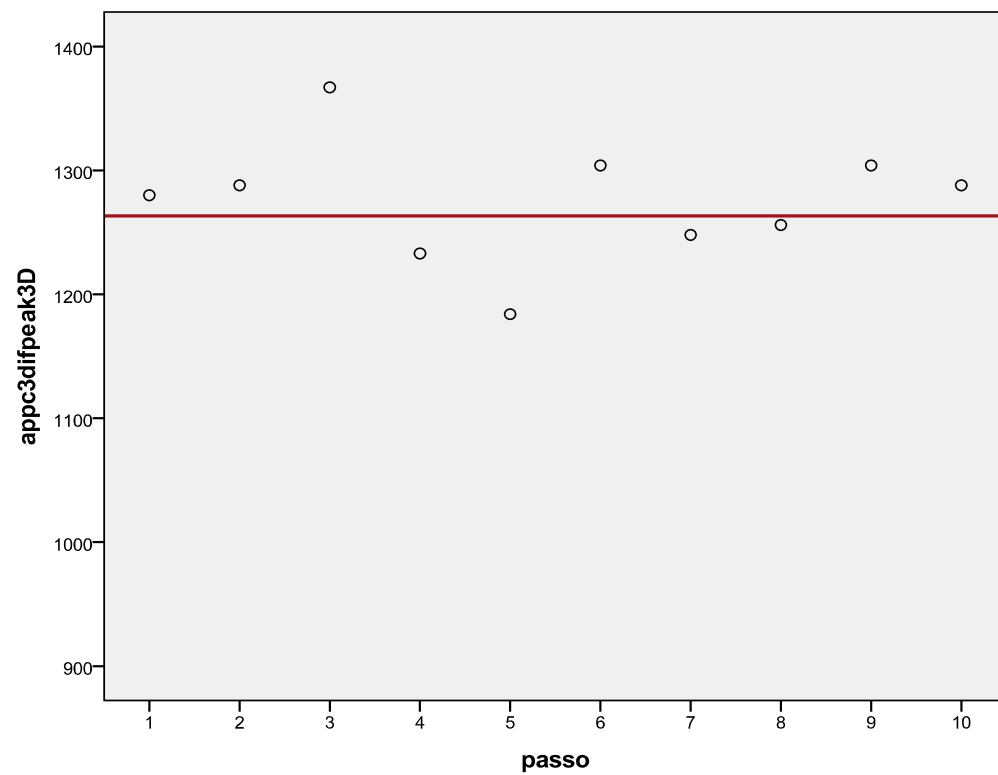
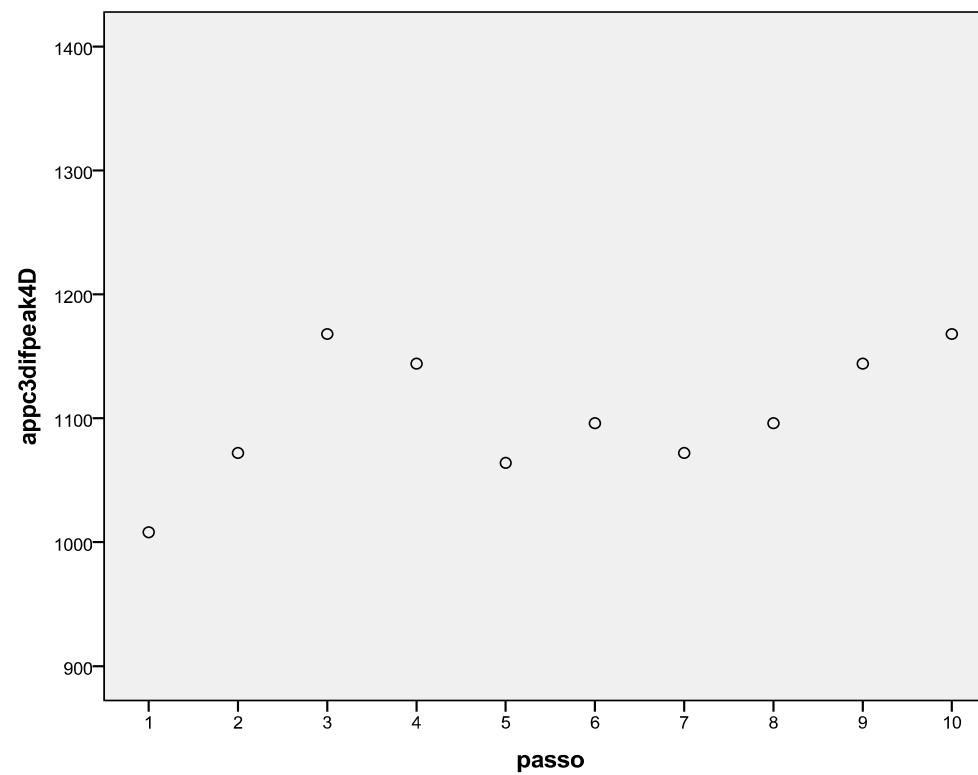
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

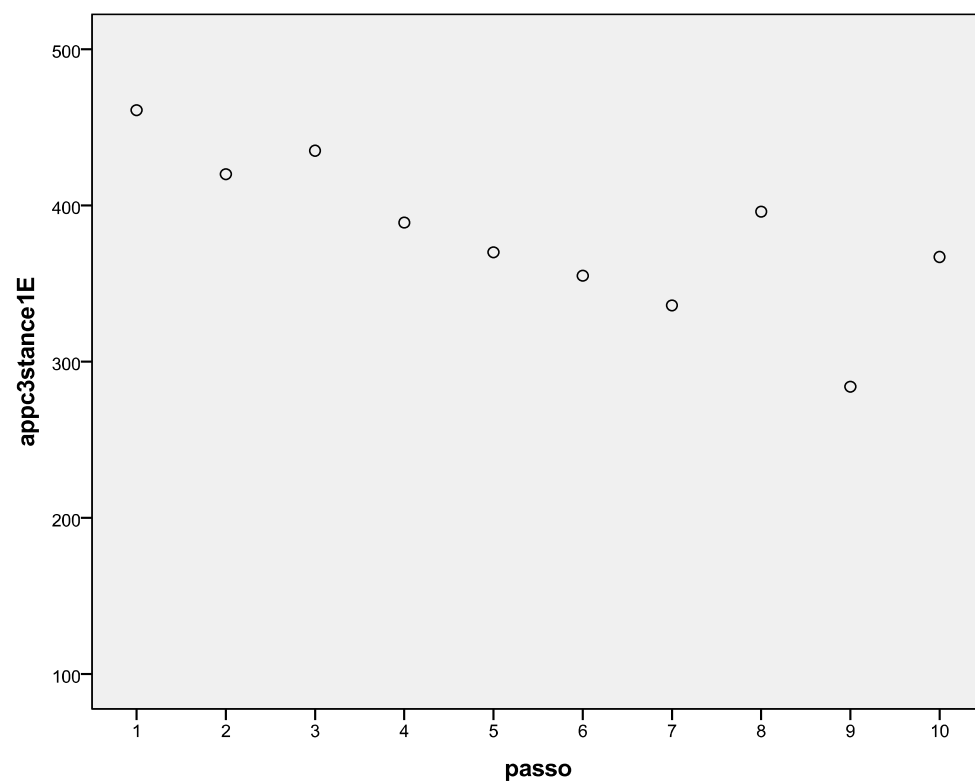


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

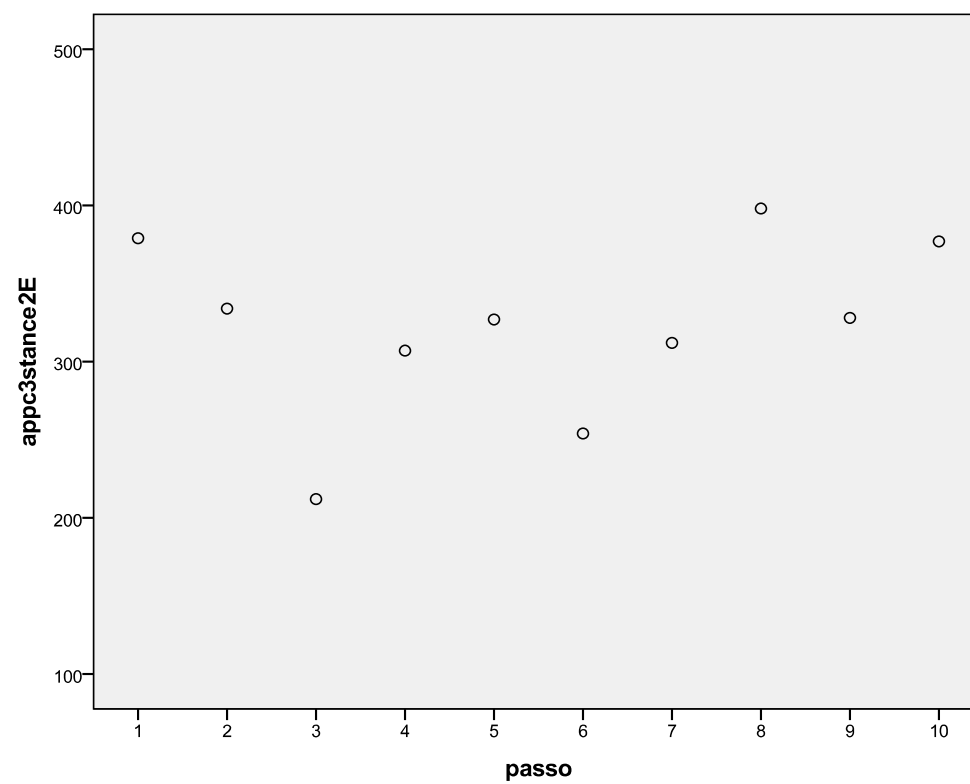
INDIVÍDUO C - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

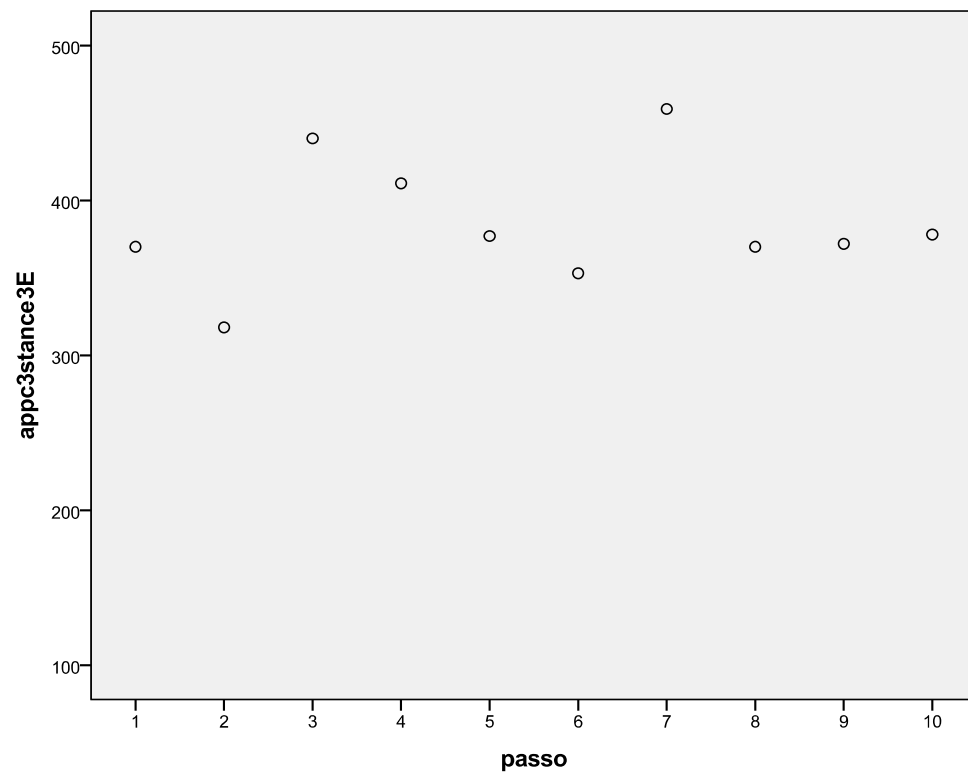
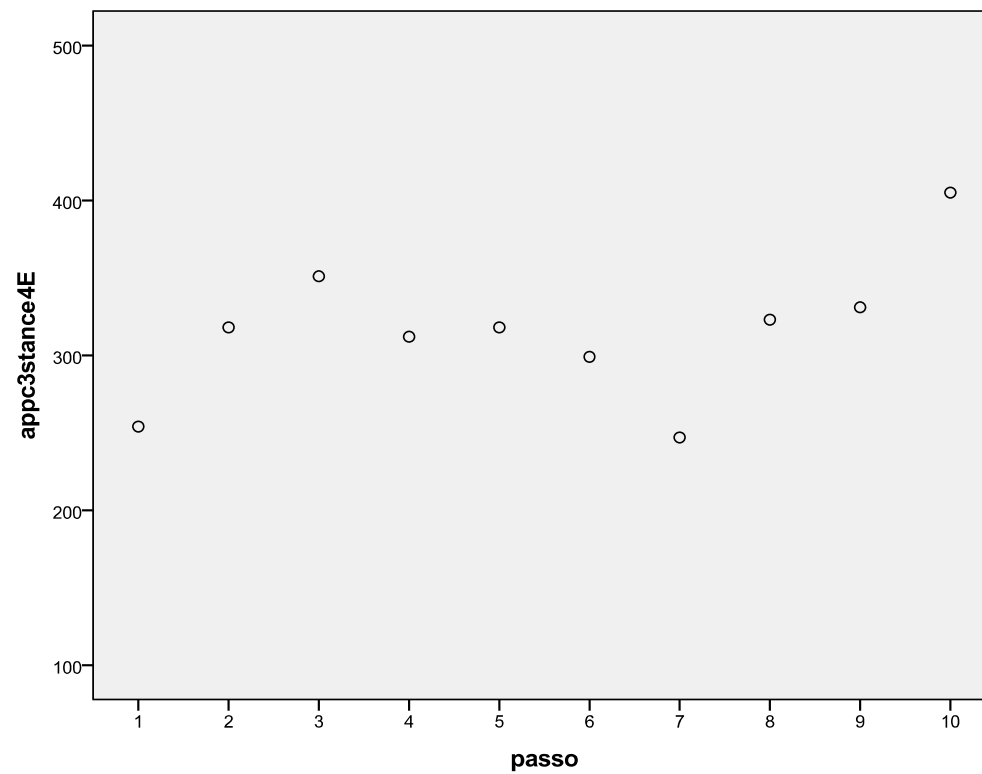
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



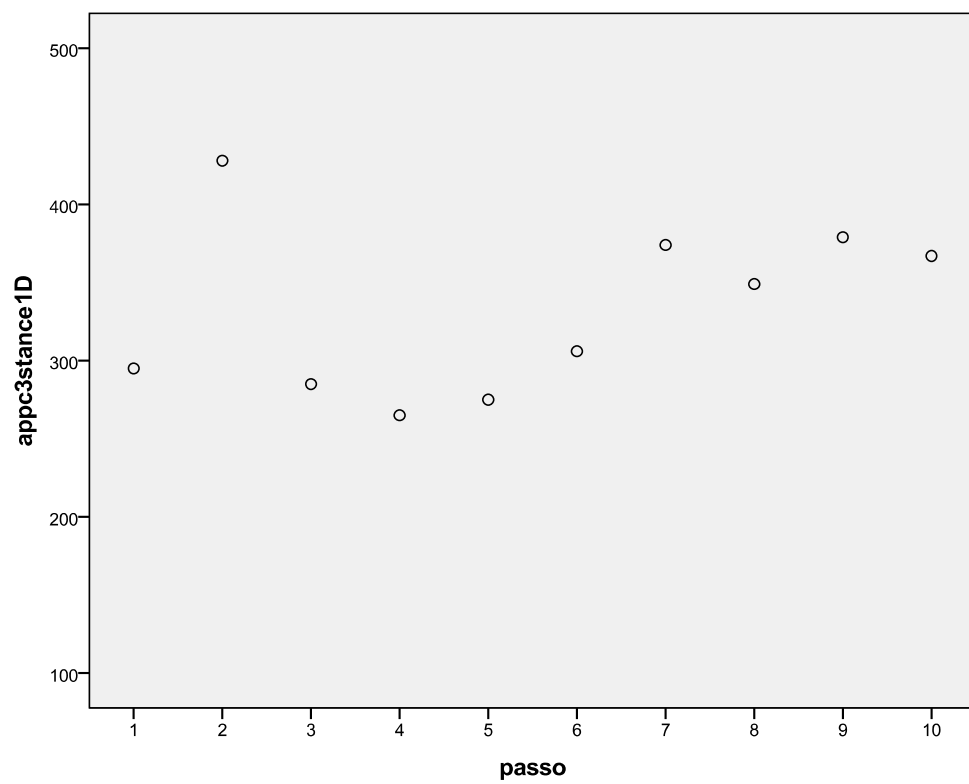
2º Momento da Avaliação



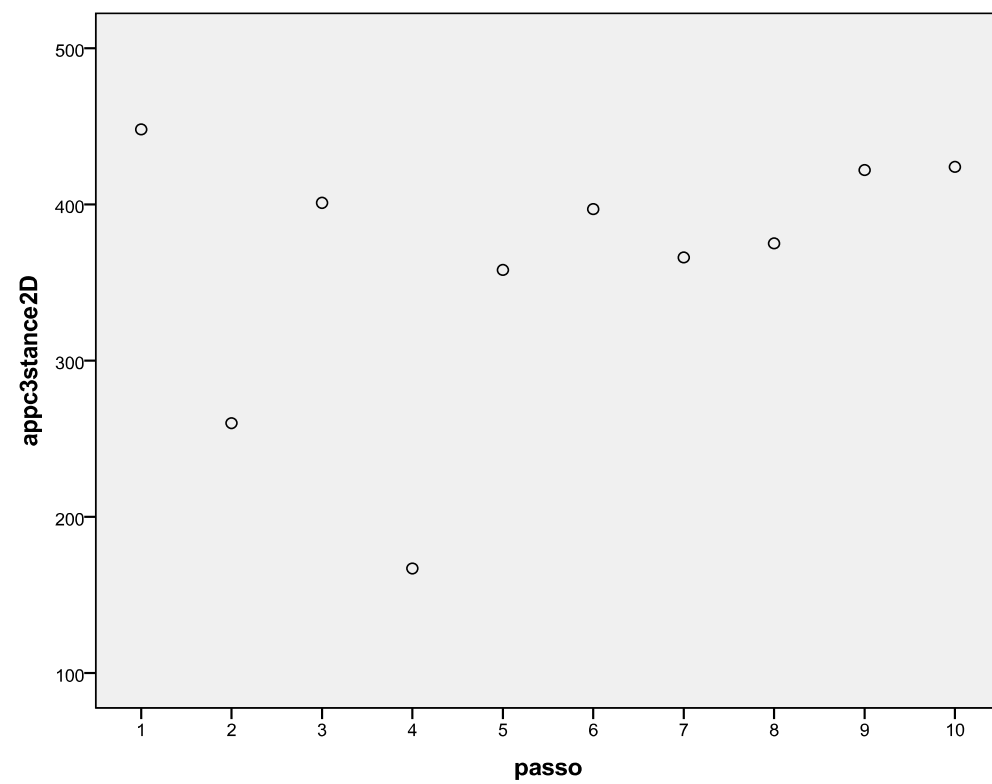
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

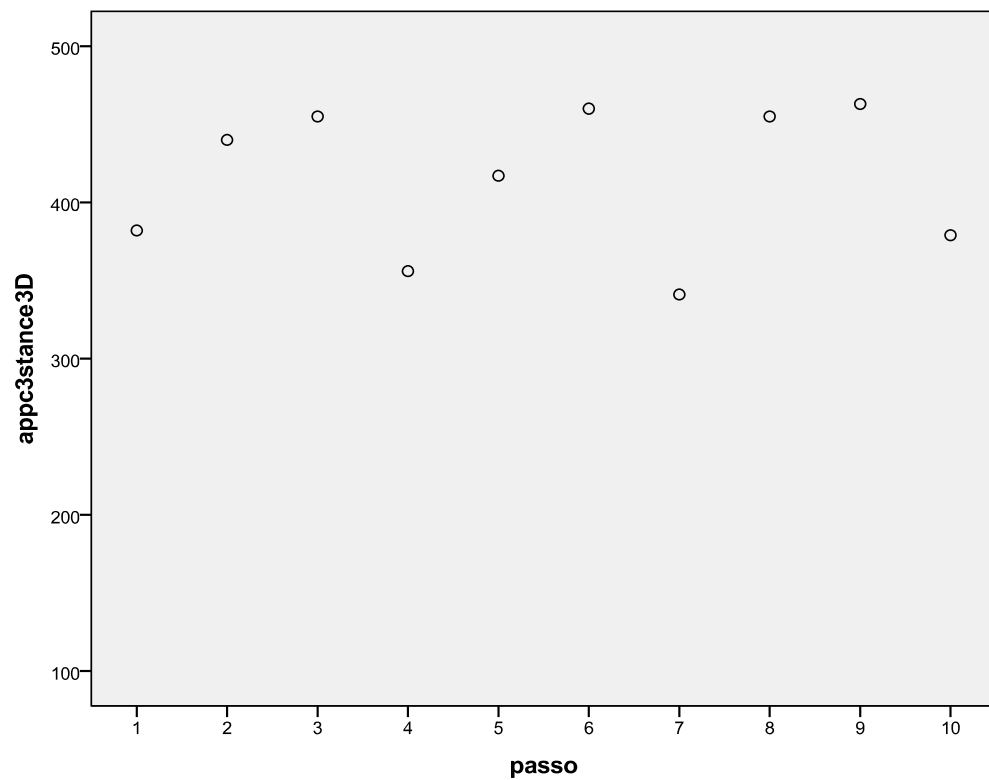
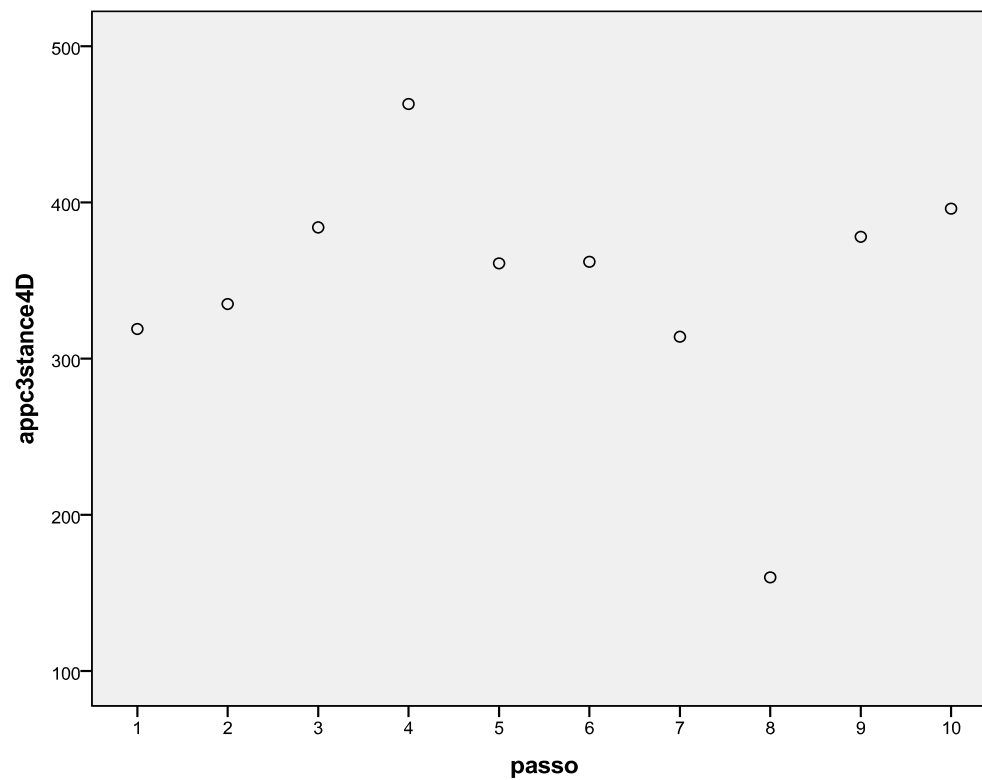
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

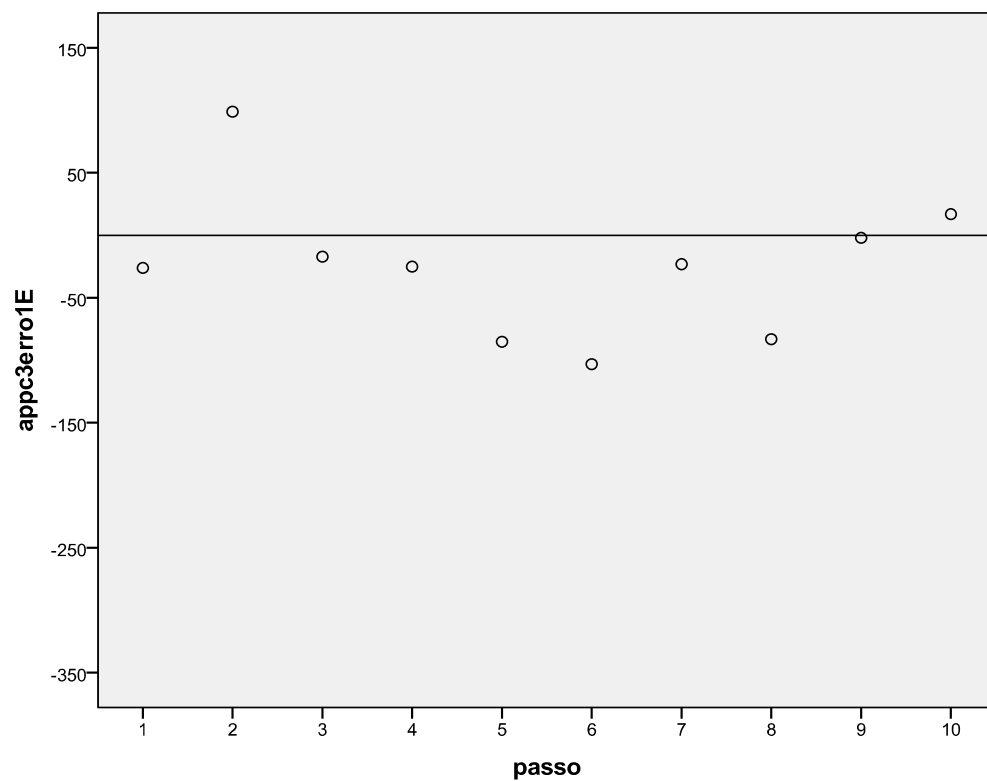


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

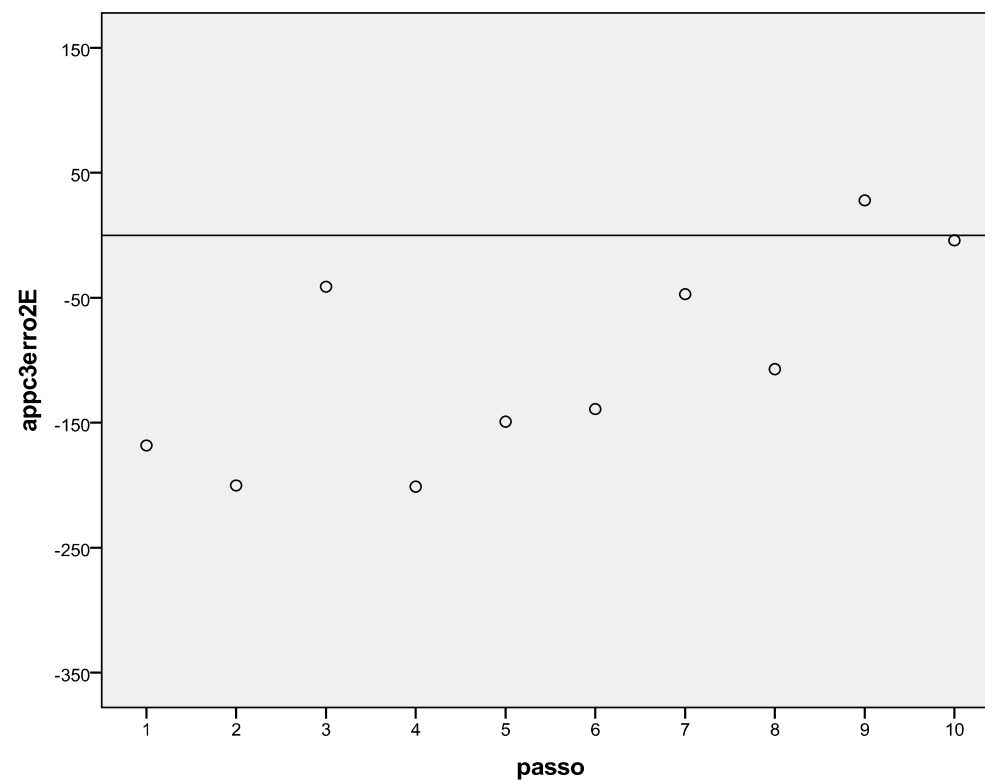
INDIVÍDUO C - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

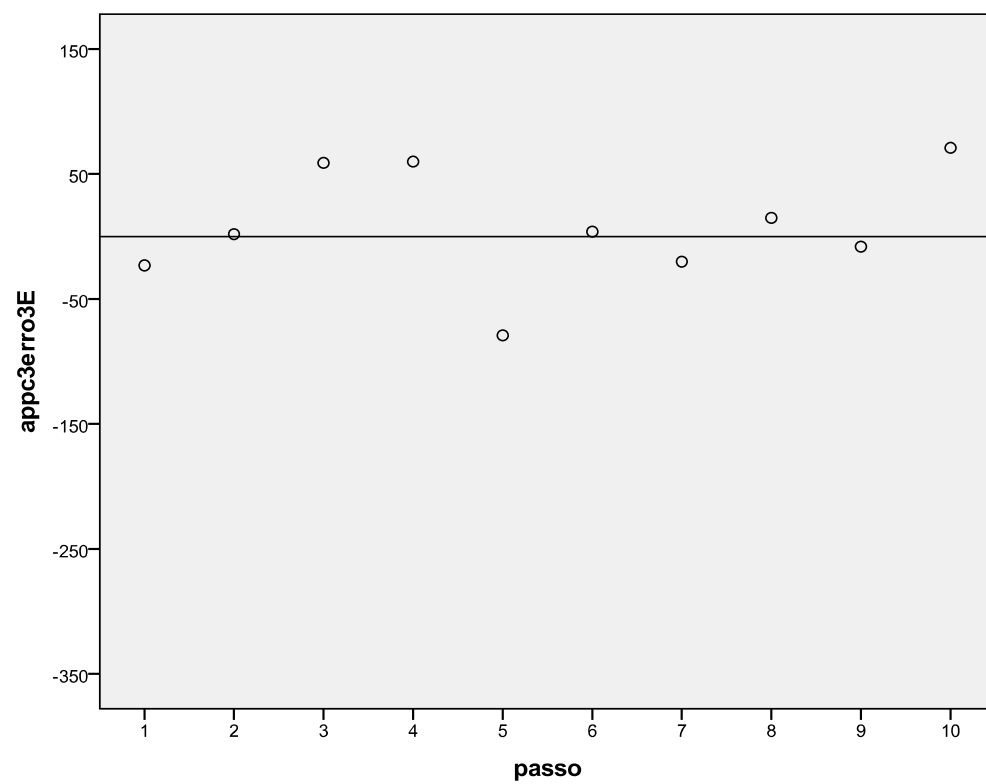
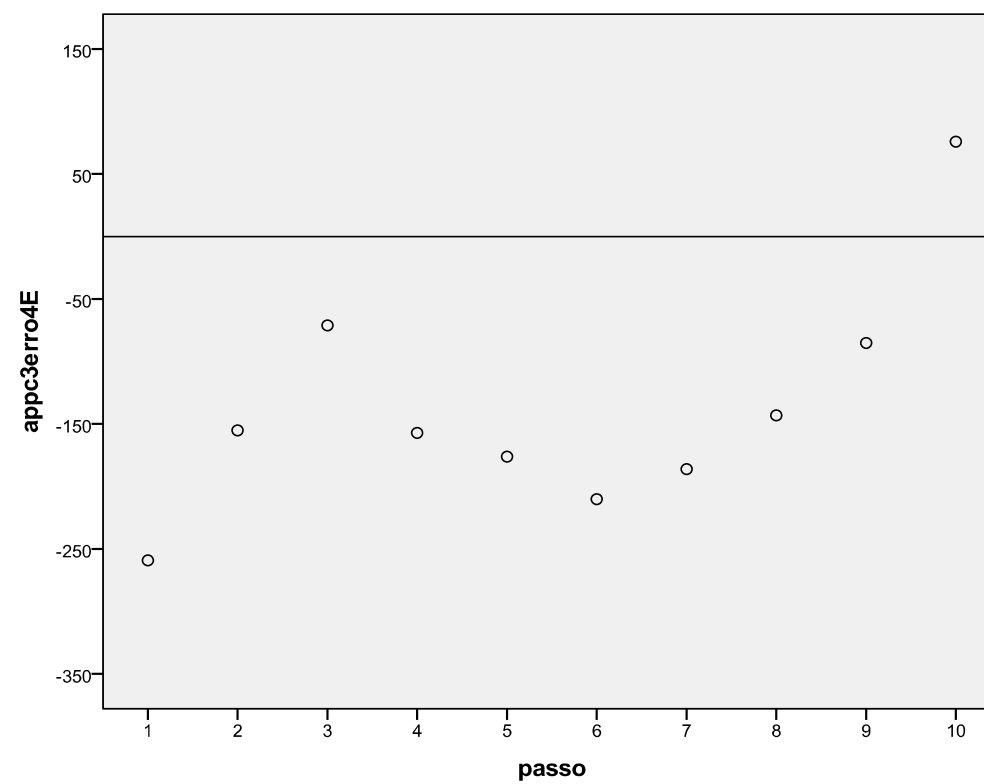
Membro inferior não afectado (esquerdo)

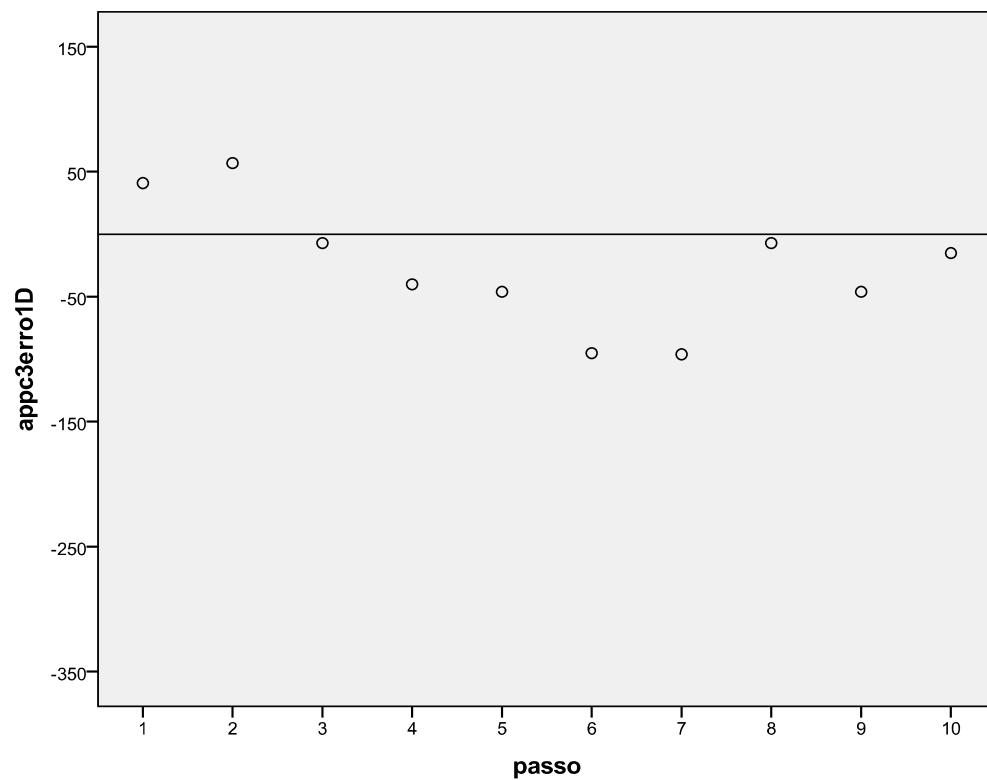
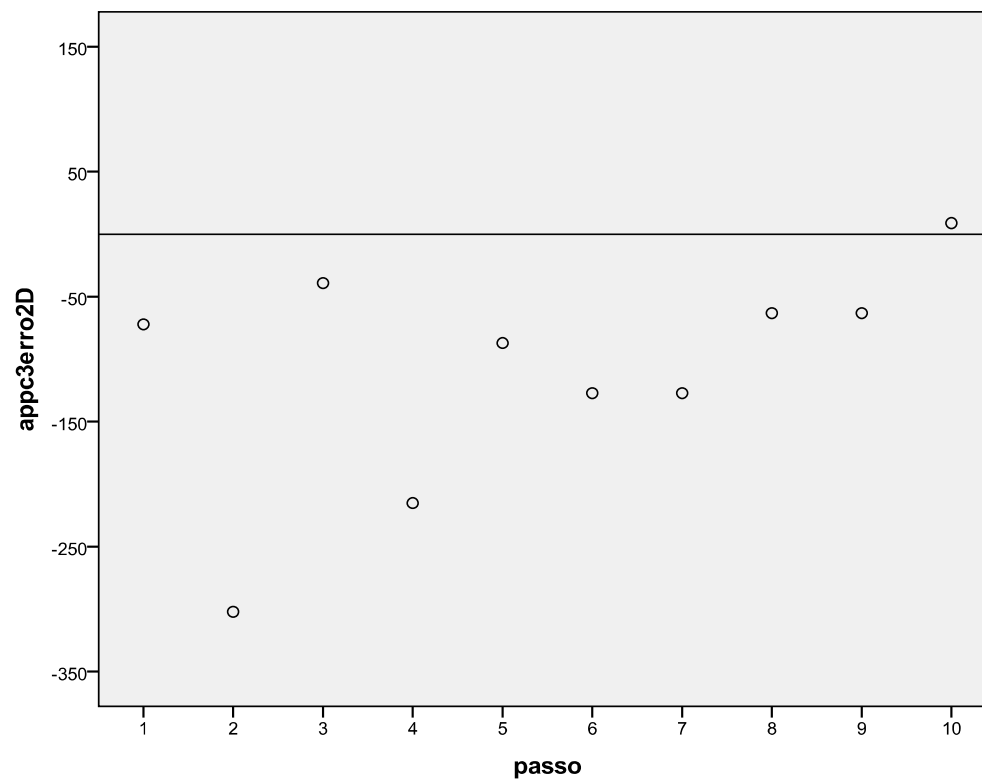
1º Momento de Avaliação

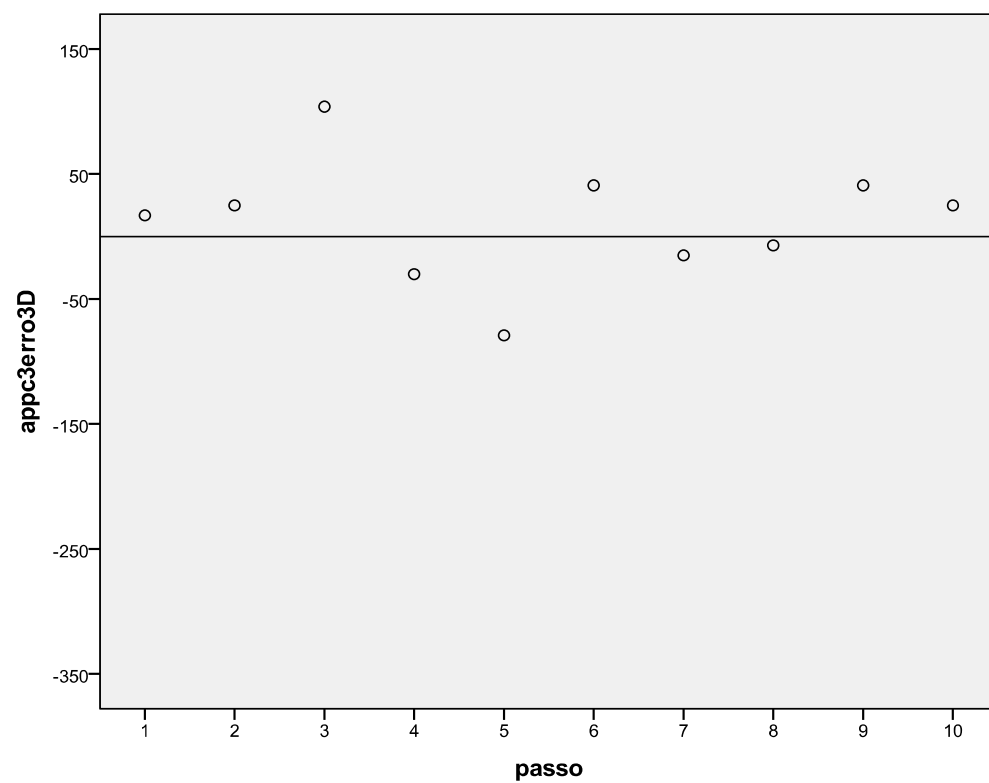
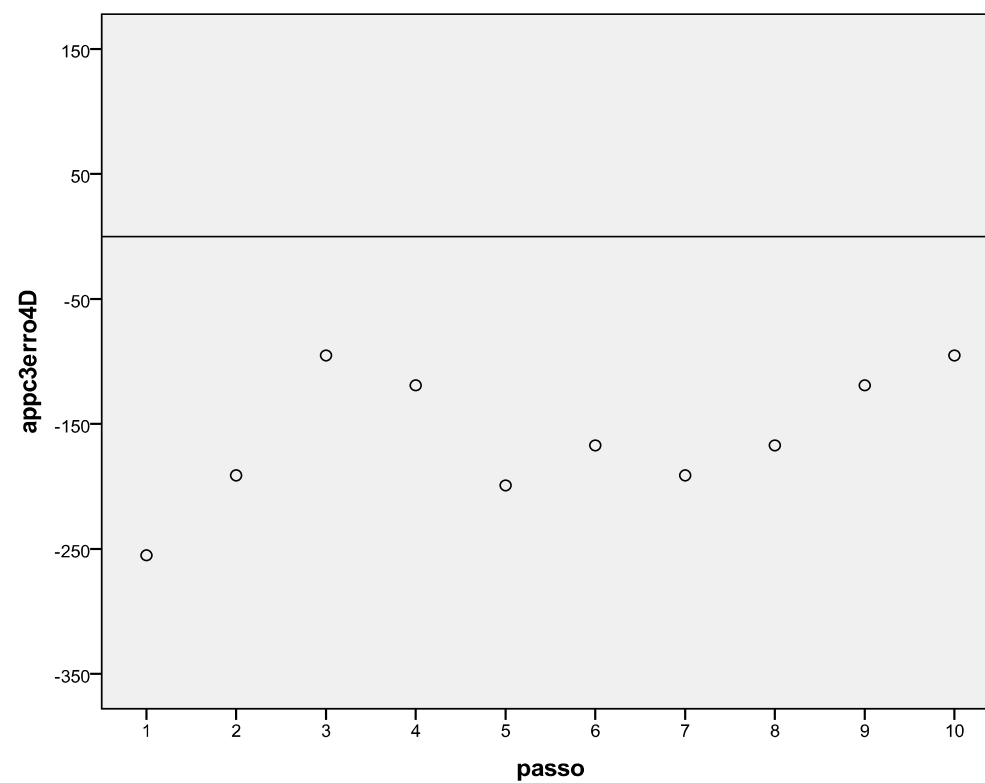


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

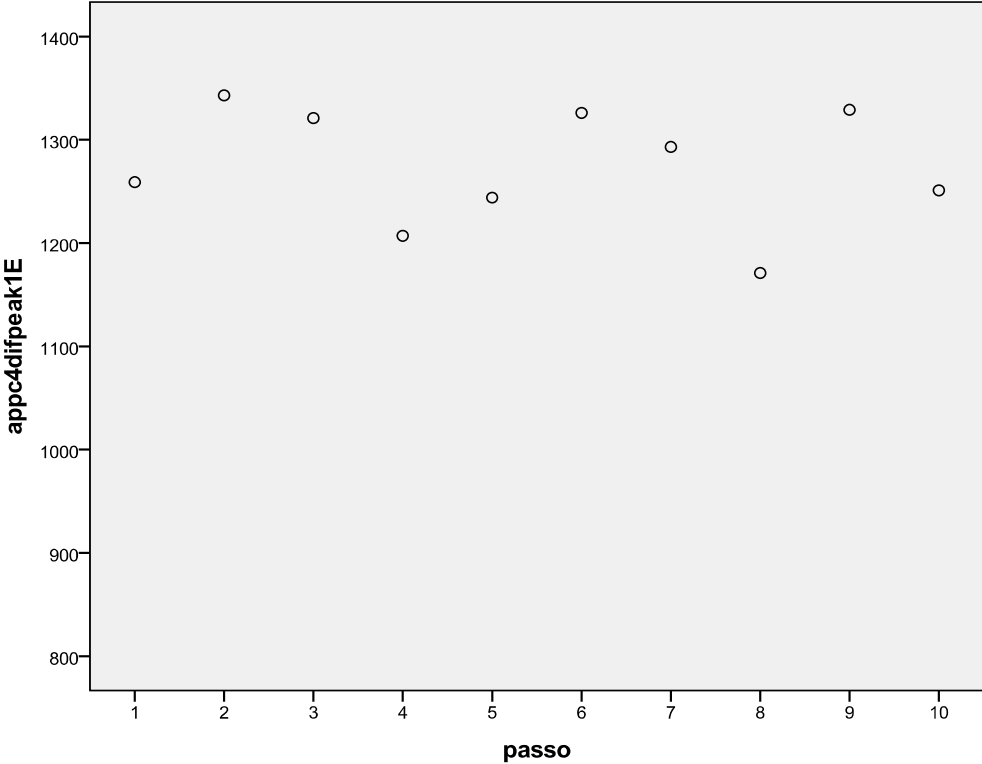
Membro inferior hemiparético (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

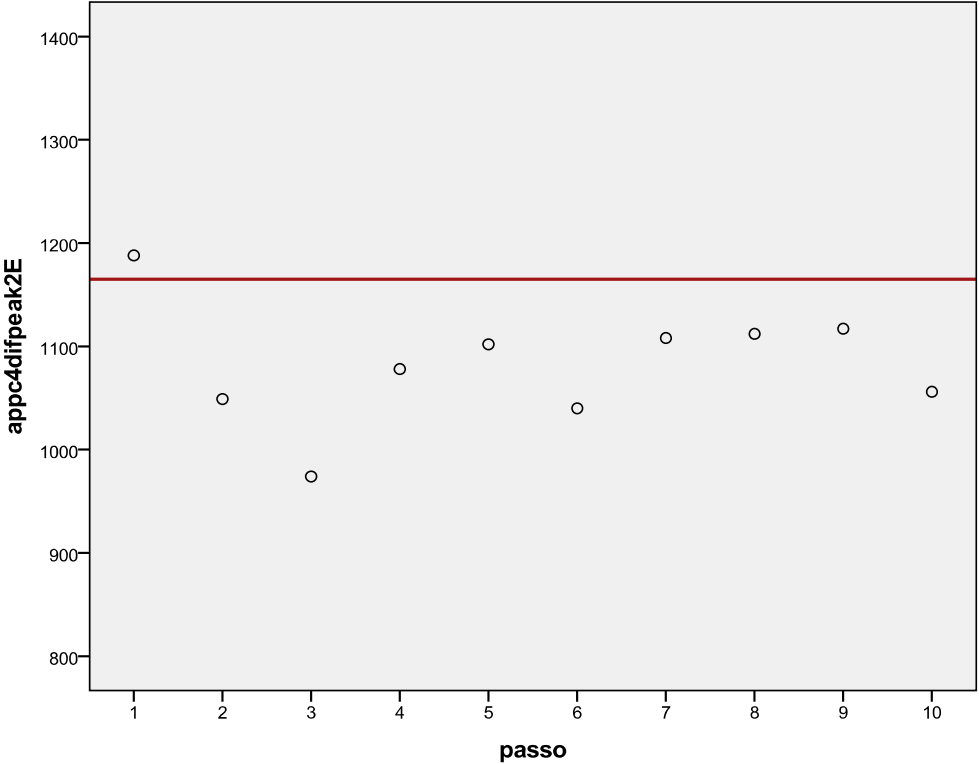
INDIVÍDUO D - DURAÇÃO DO PASSO

Membro inferior hemiparético (esquerdo)

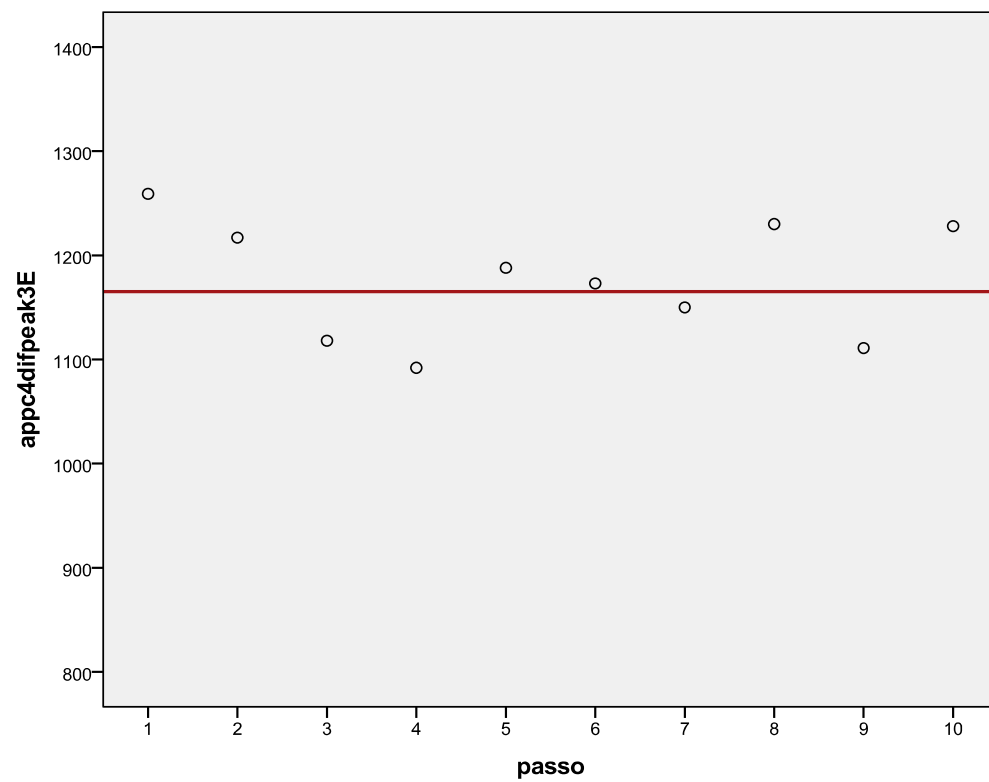
1º Momento de Avaliação



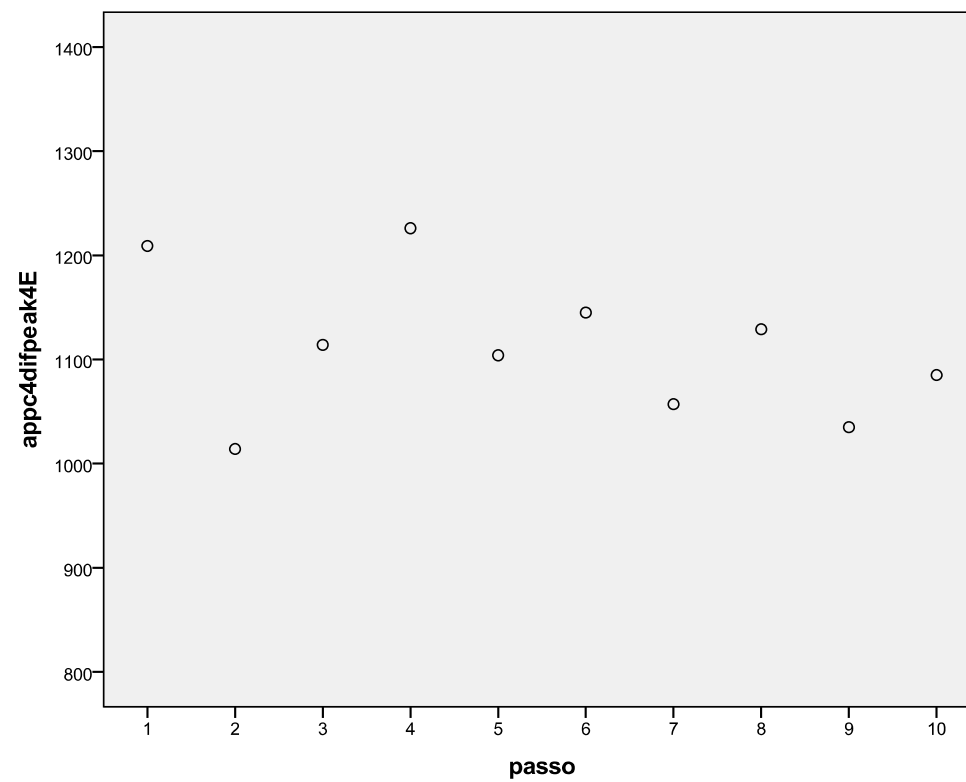
2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação

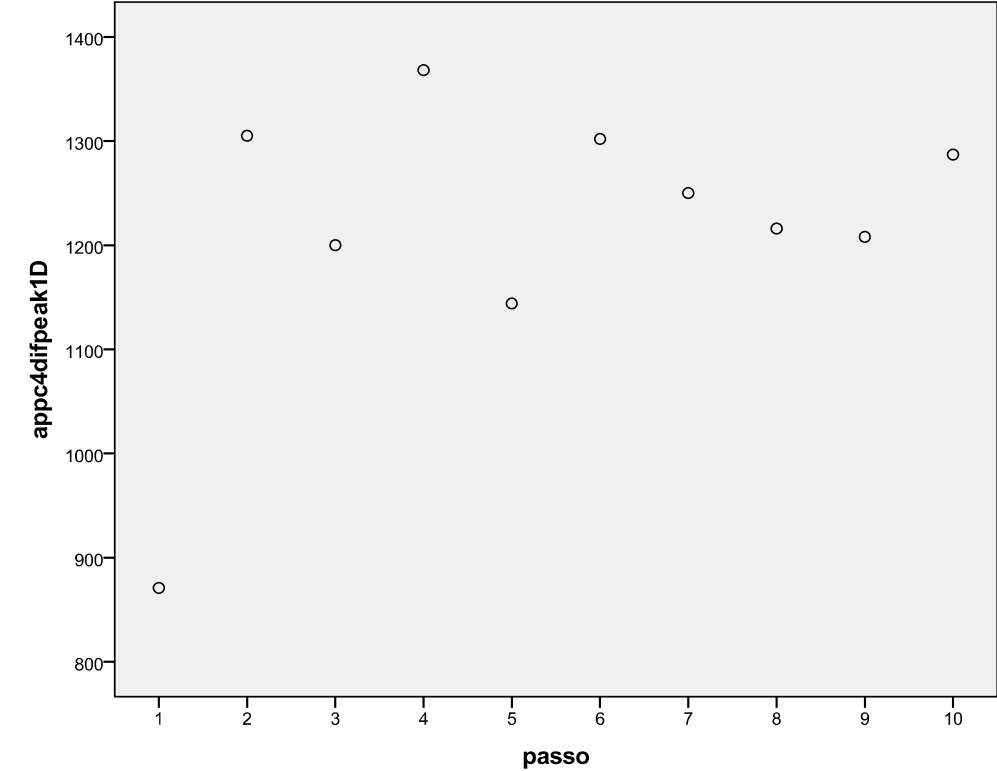


4º Momento da Avaliação

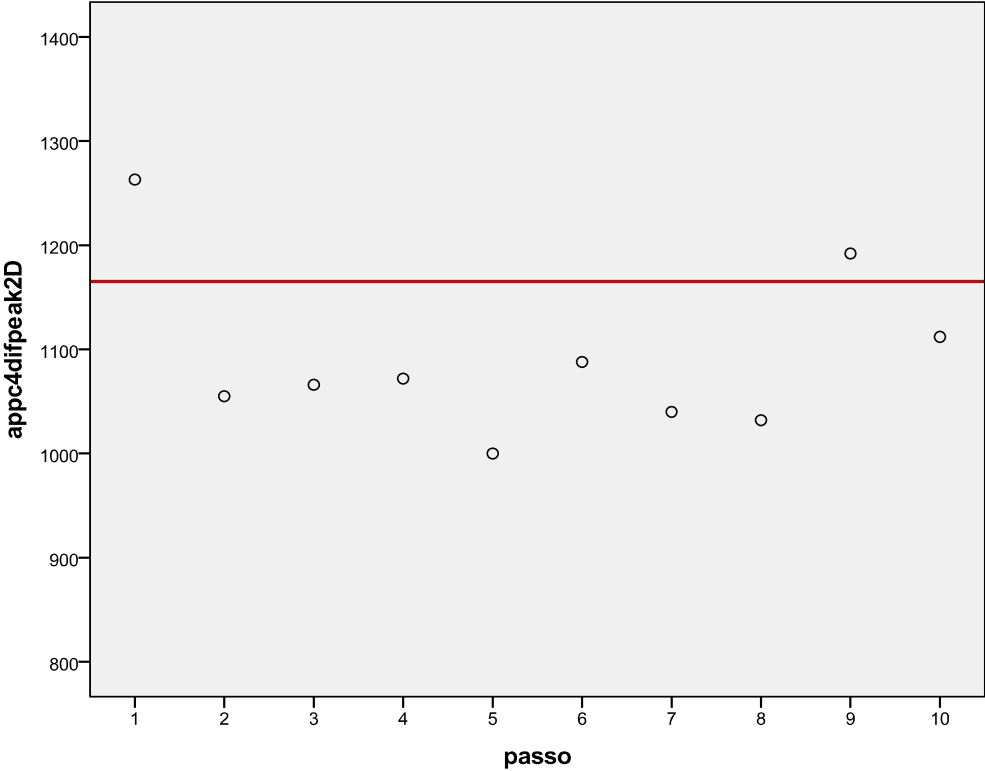


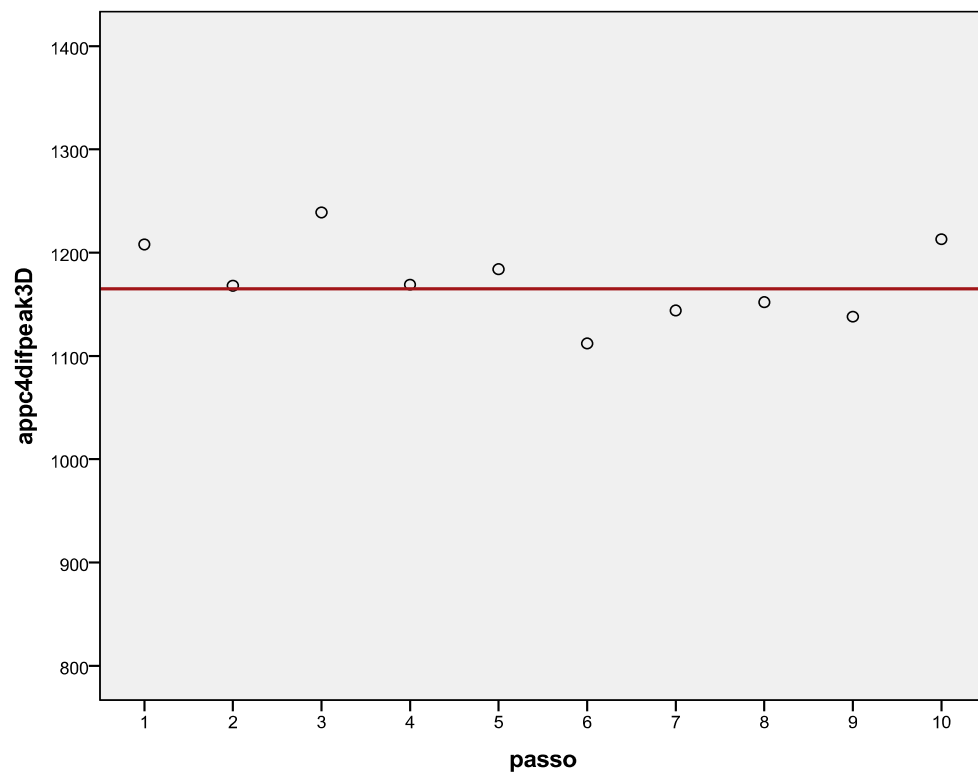
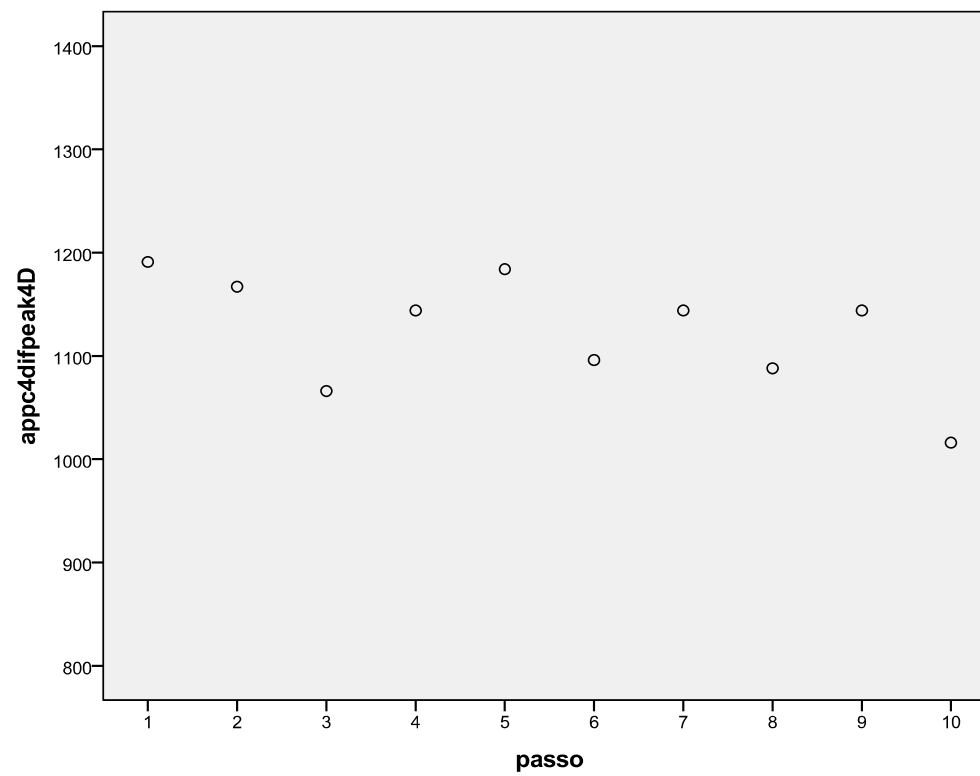
Membro inferior não afectado (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

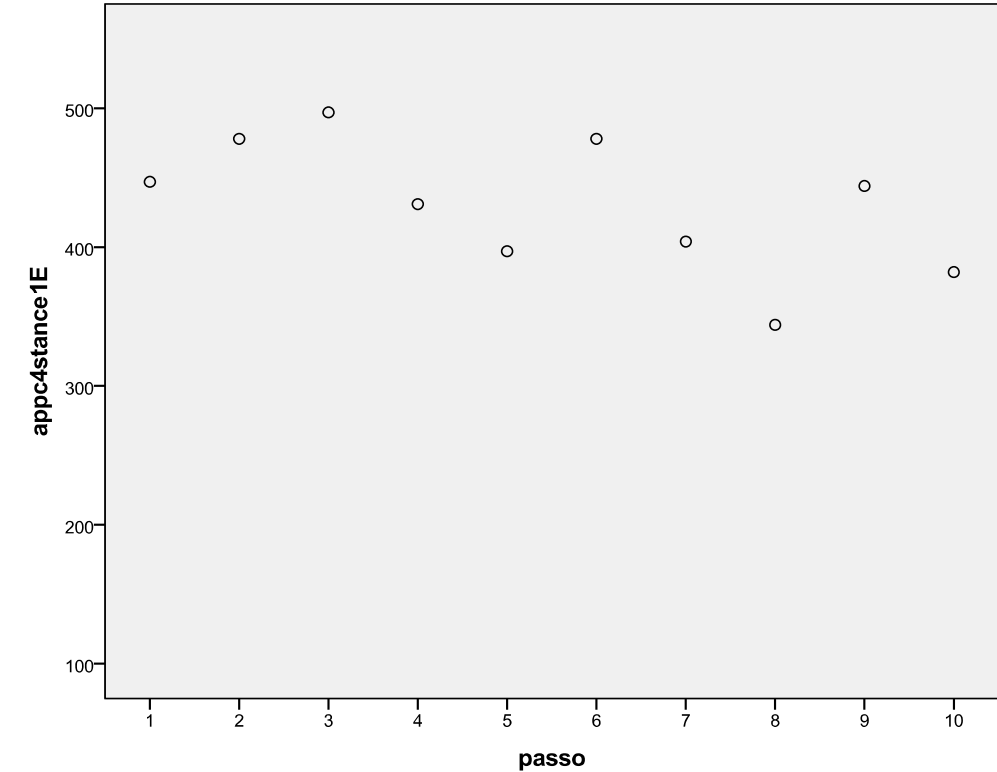


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

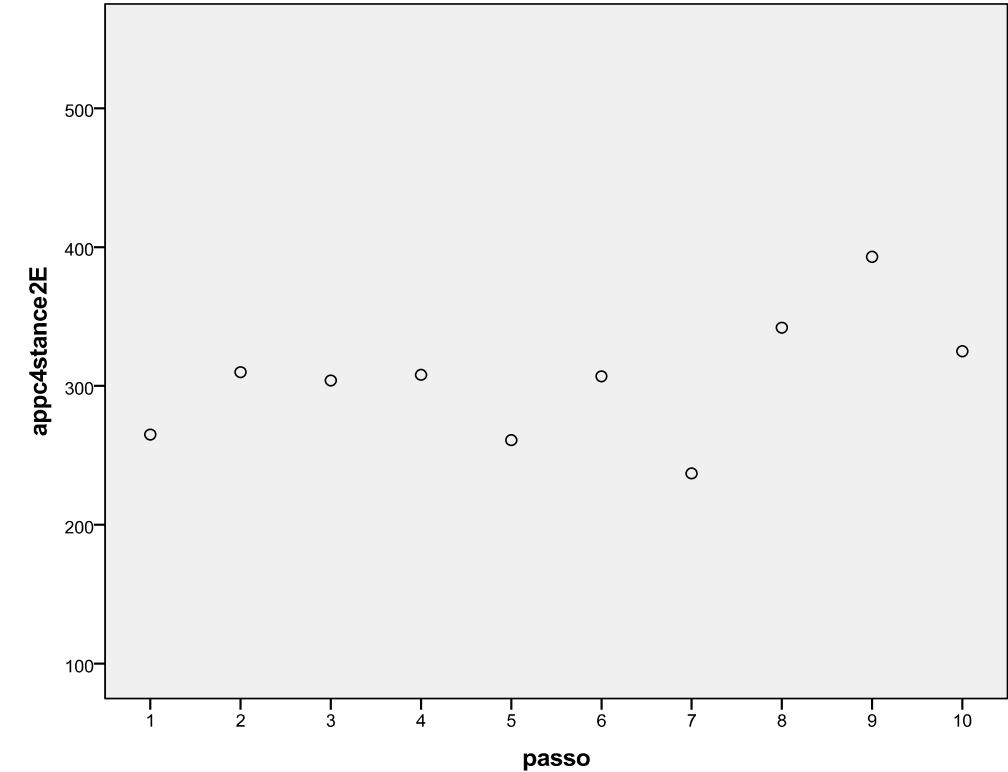
INDIVÍDUO D - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

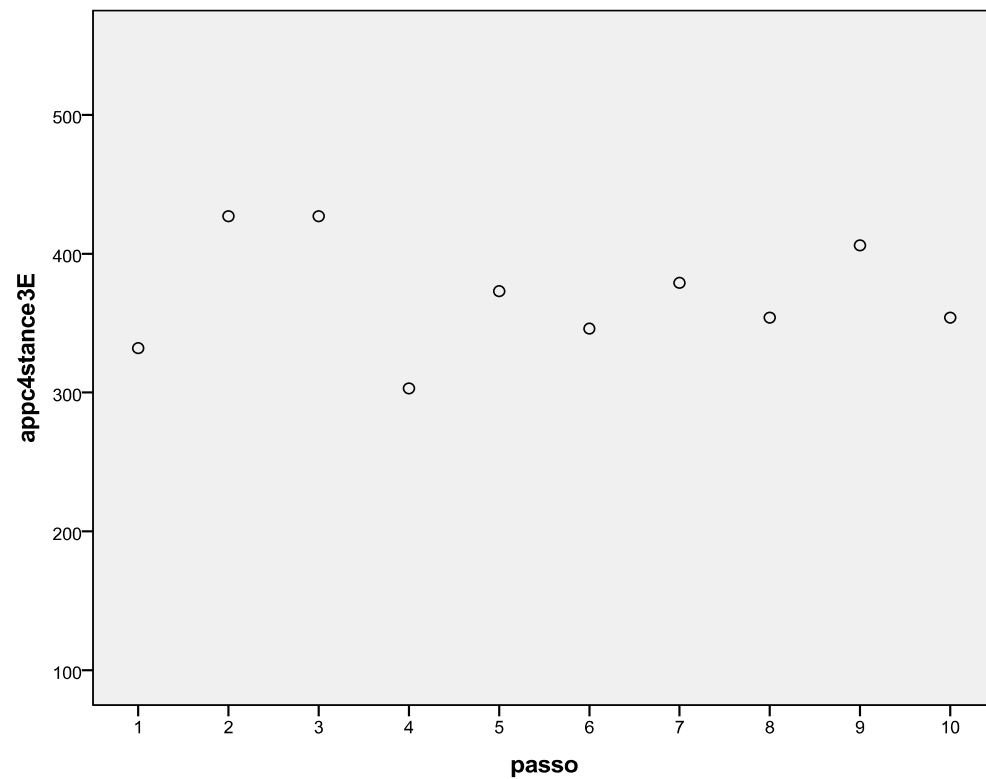
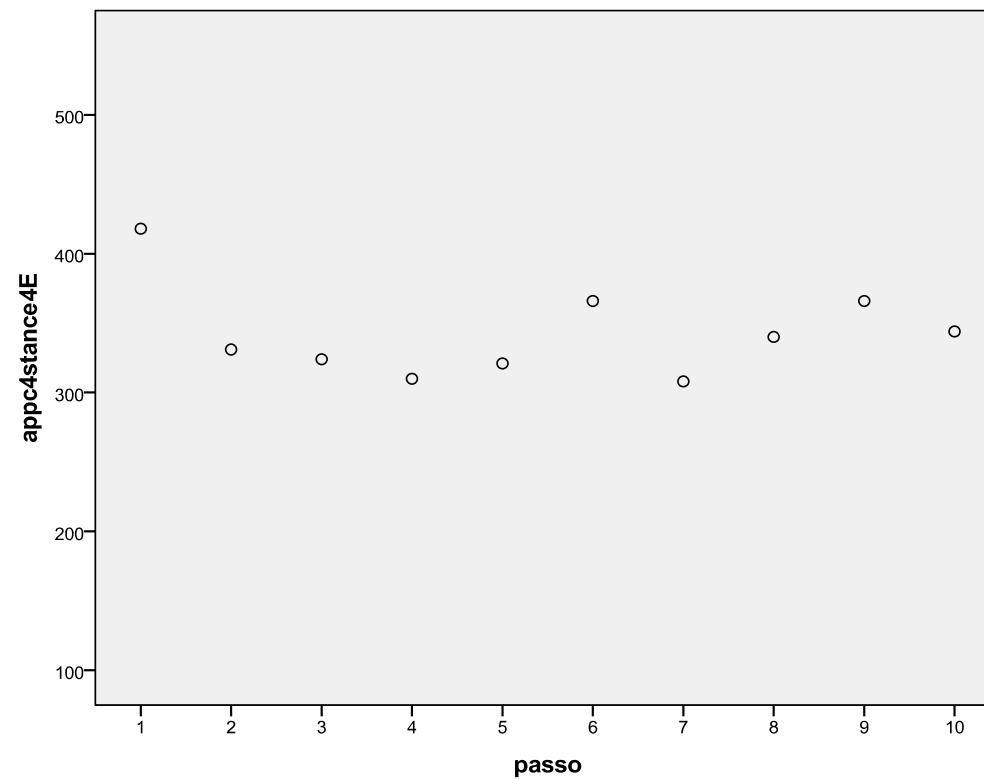
Membro inferior hemiparético (esquerdo)

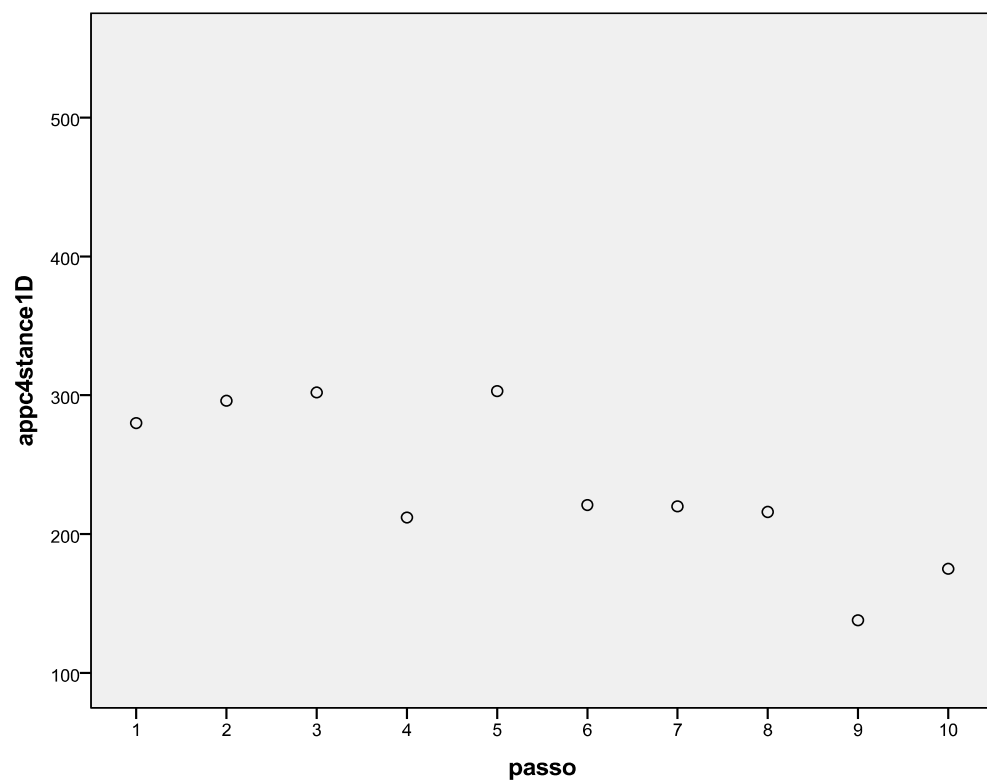
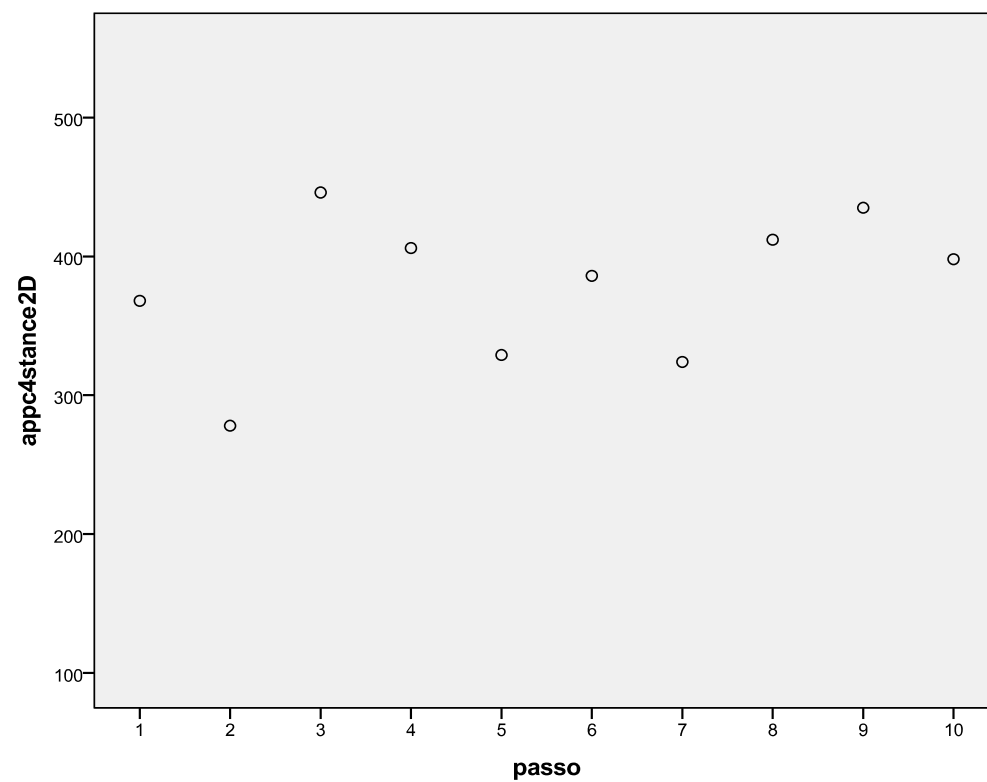
1º Momento de Avaliação

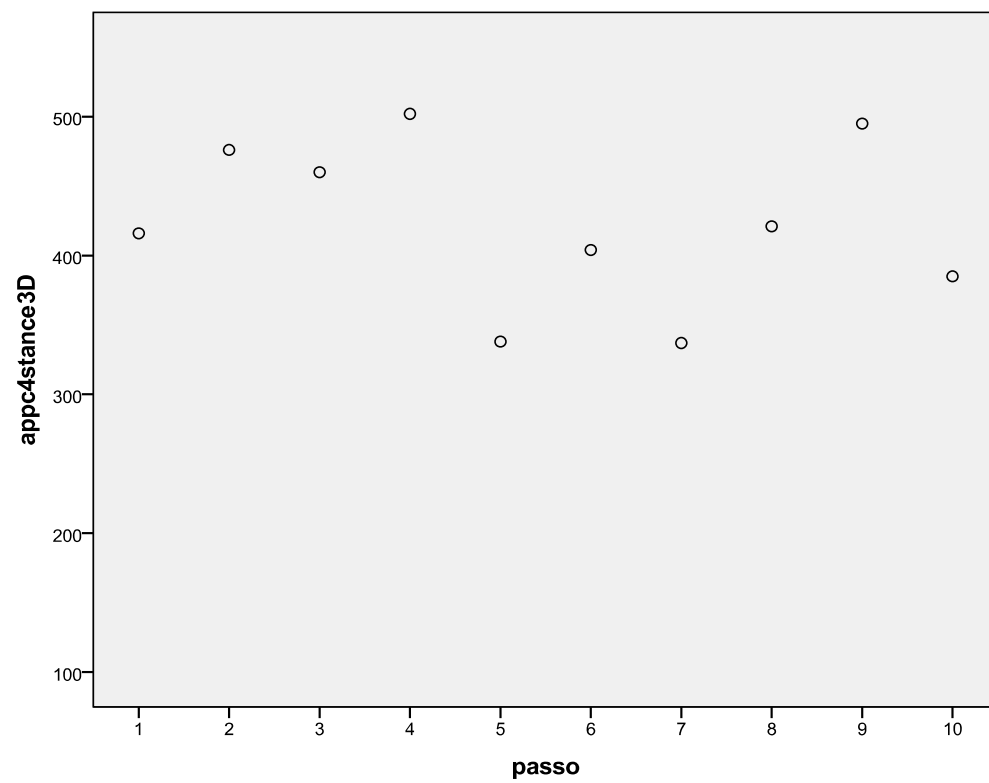
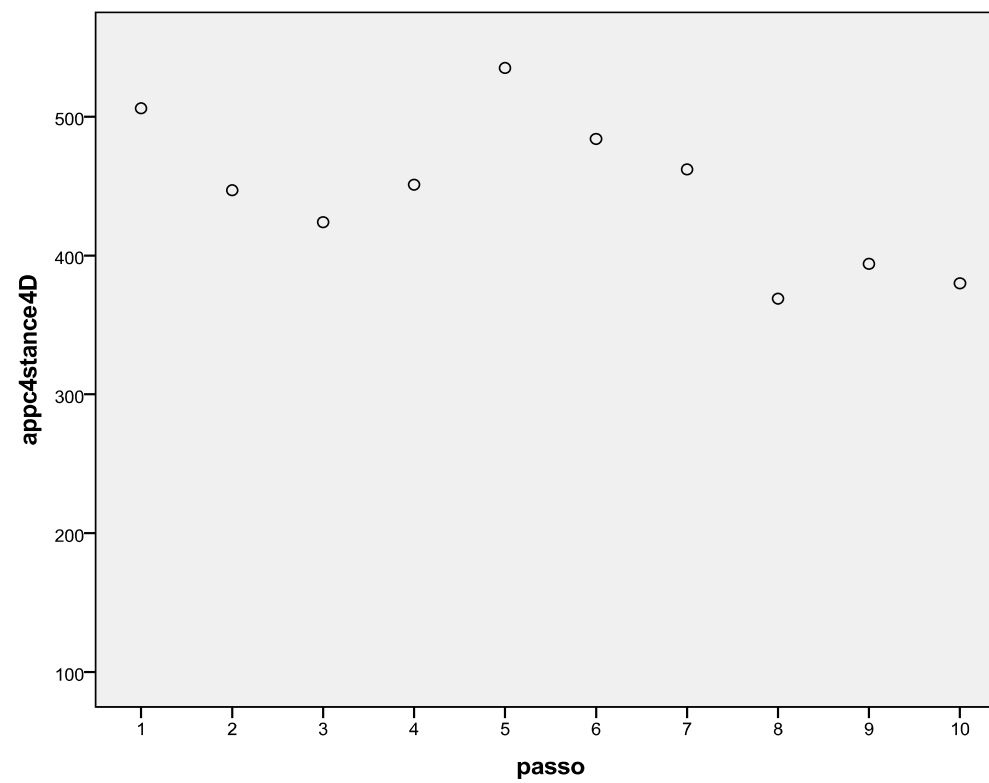


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

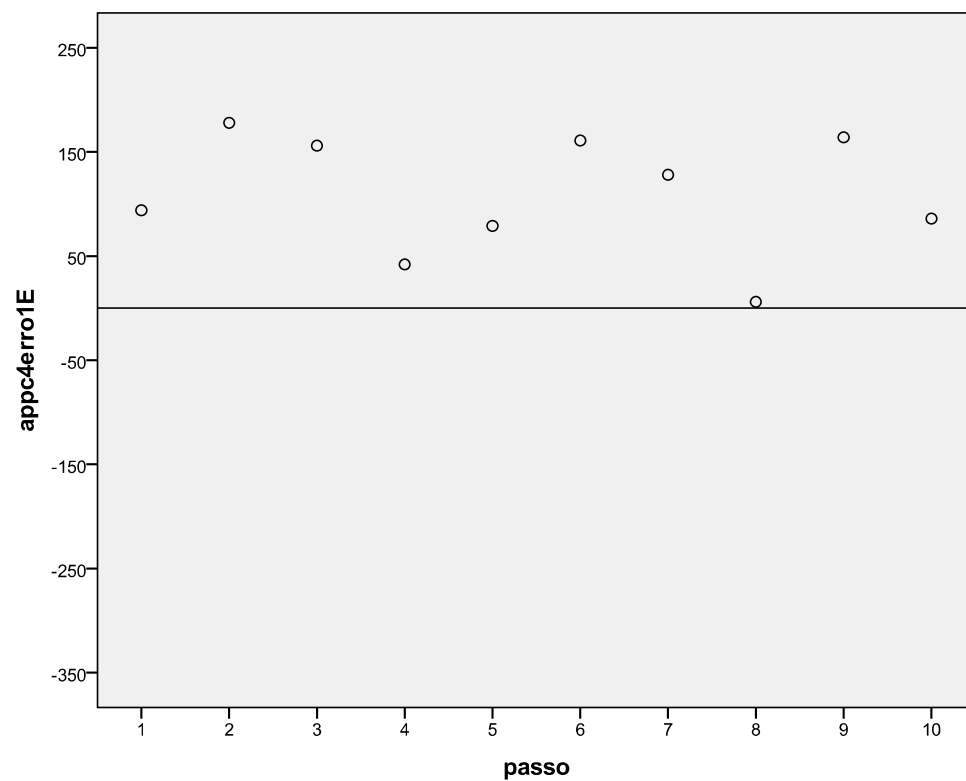
Membro inferior não afectado (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

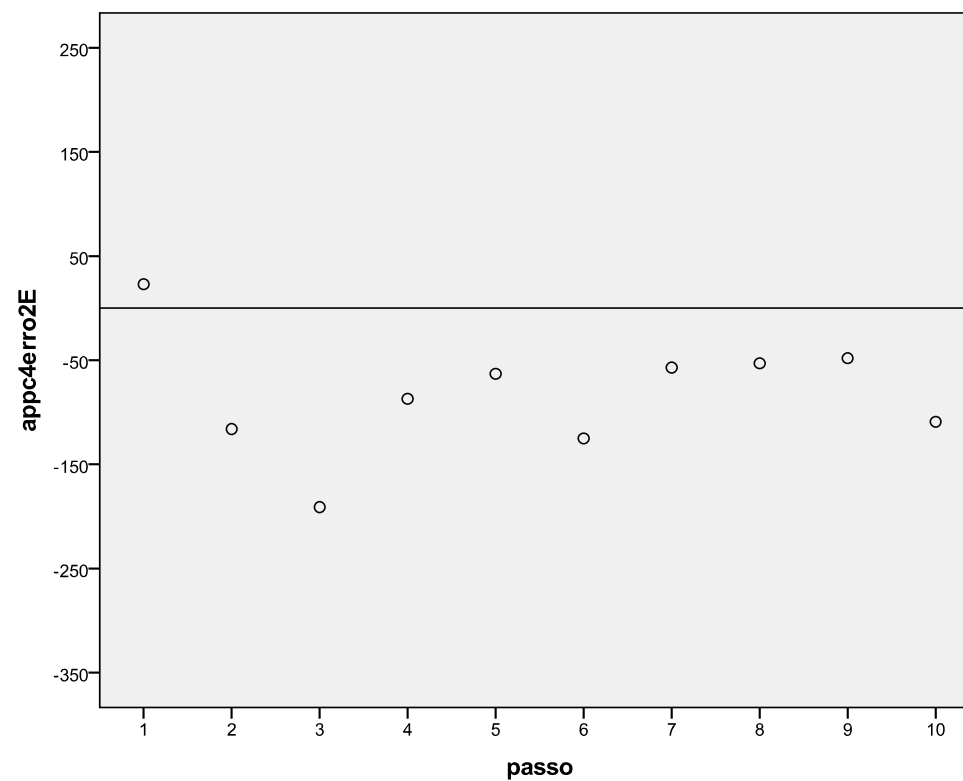
INDIVÍDUO D - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

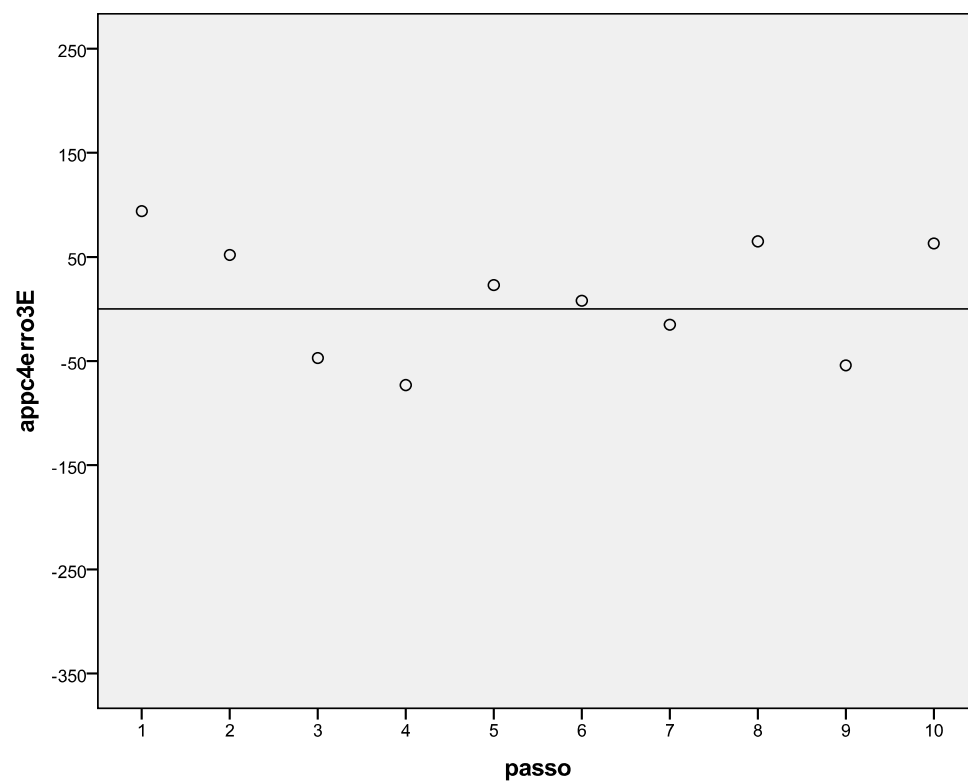
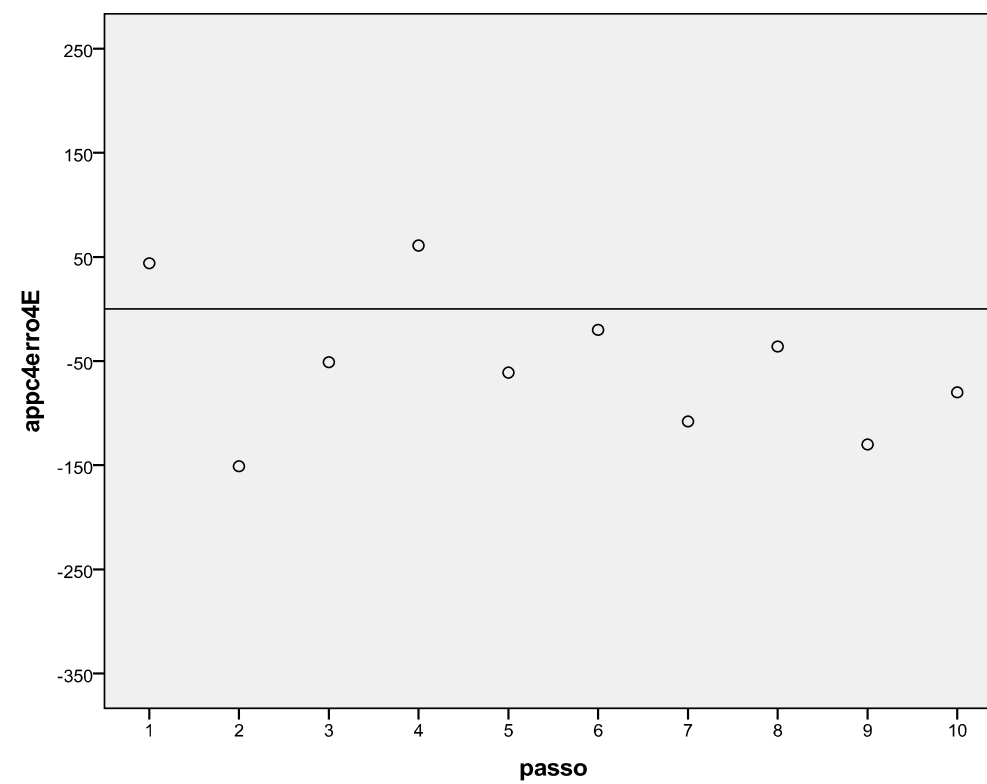
Membro inferior hemiparético (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



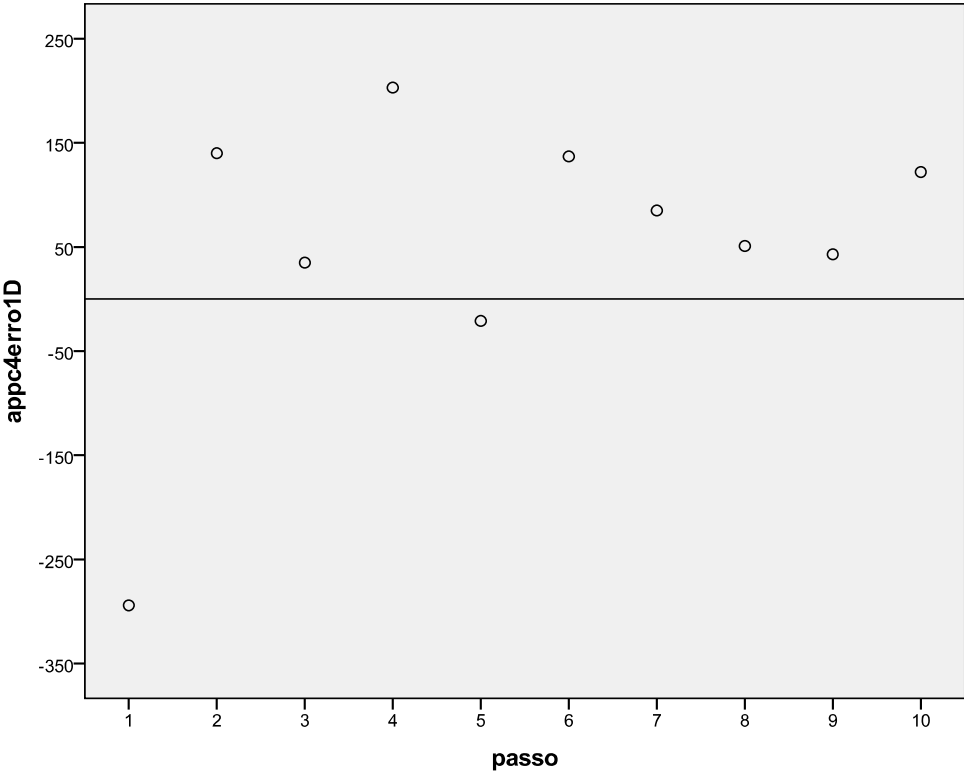
2º Momento da Avaliação



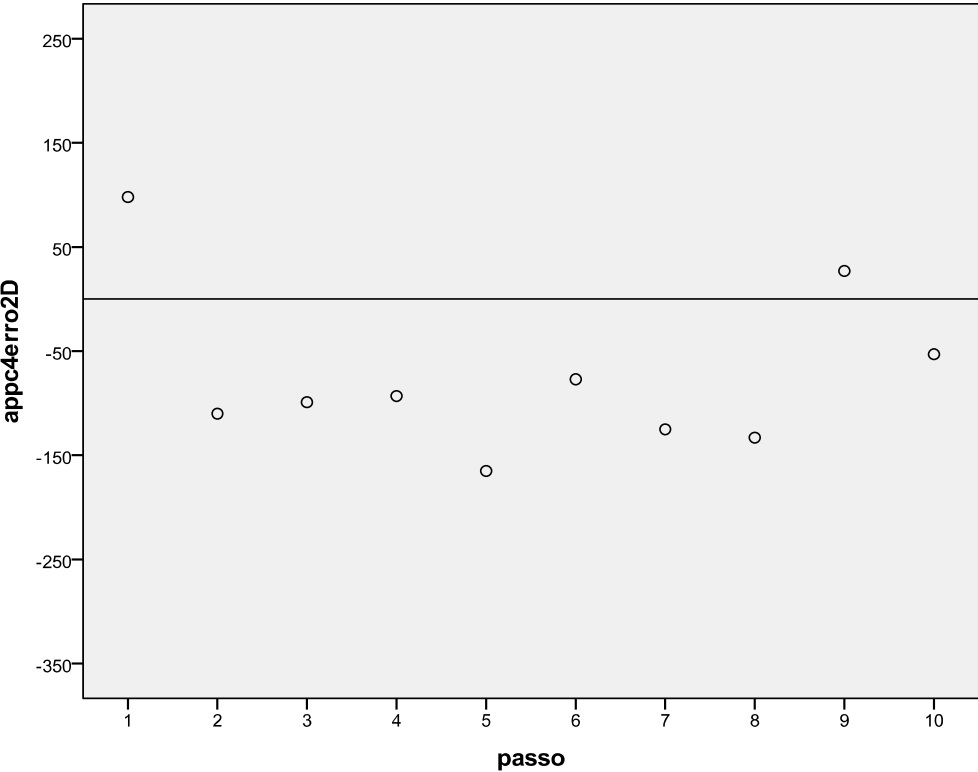
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

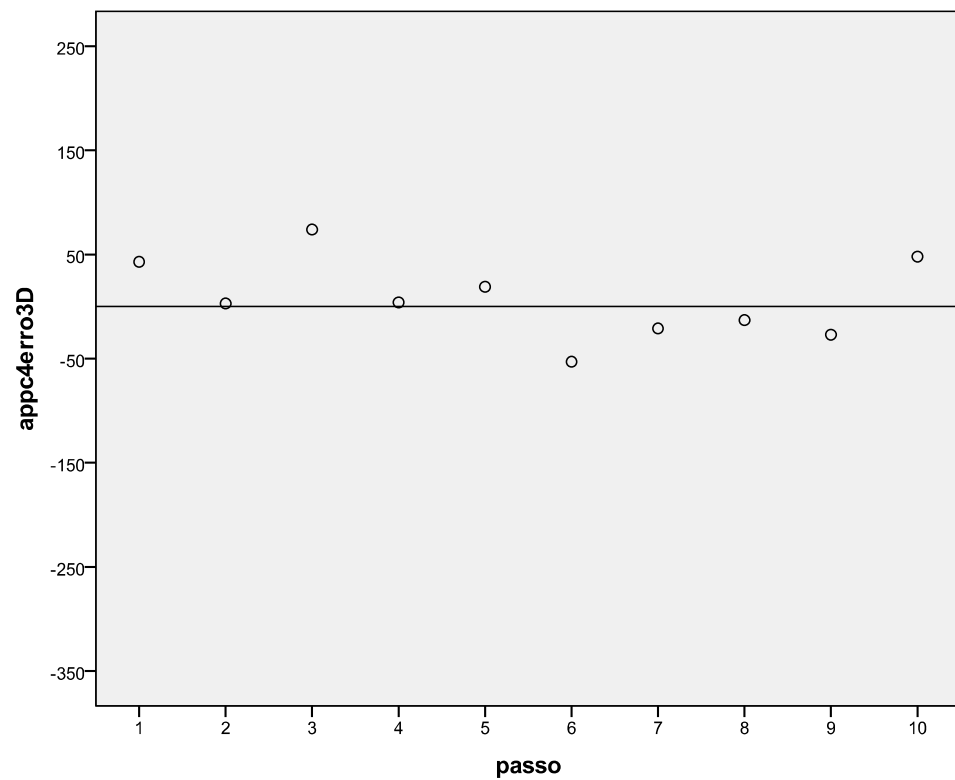
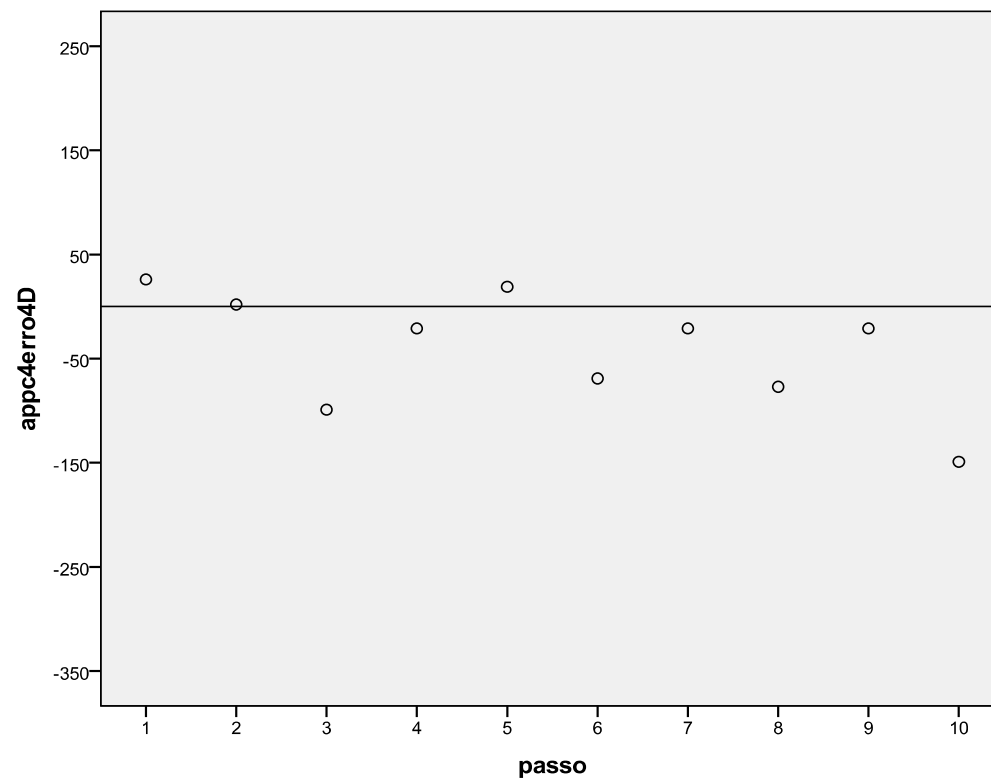
Membro inferior não afectado (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

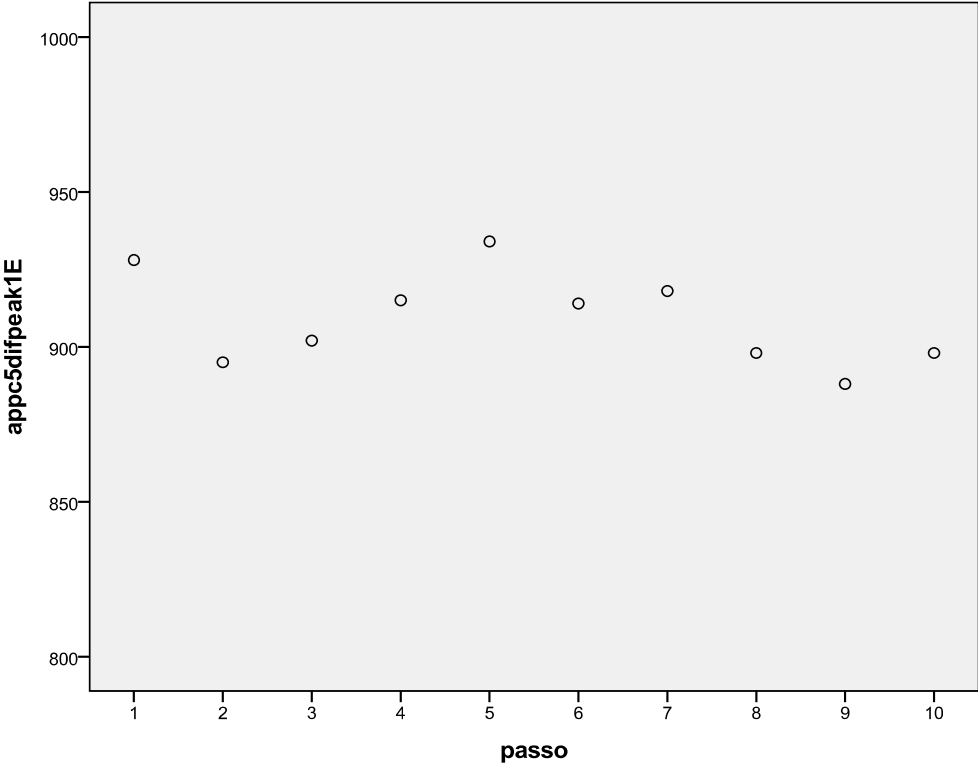


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

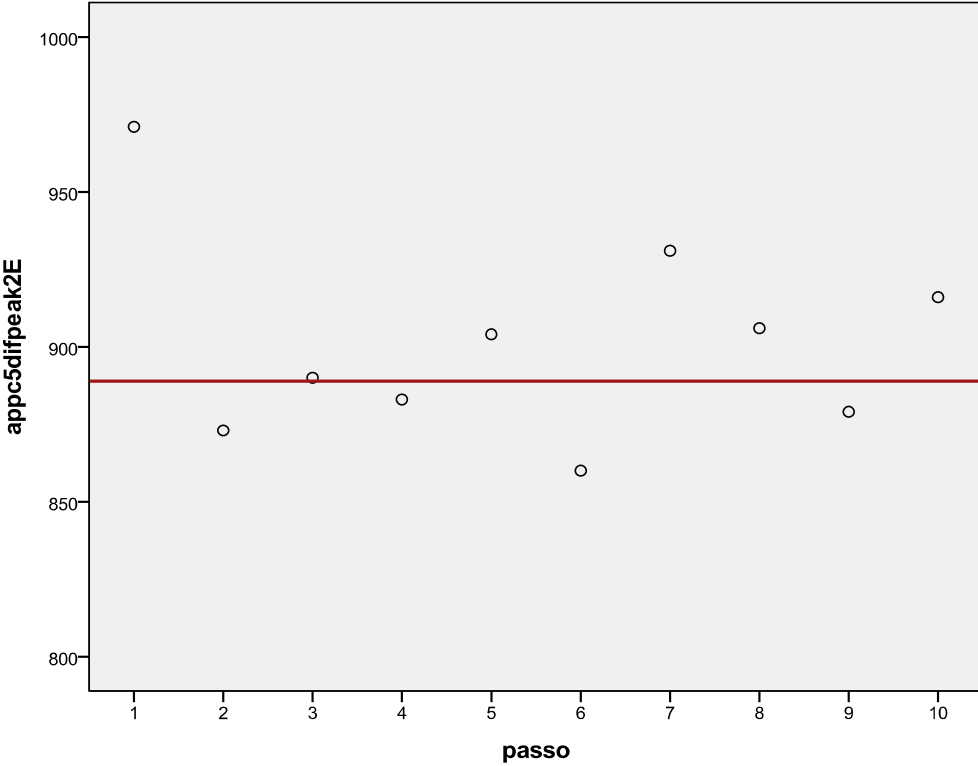
INDIVÍDUO E - DURAÇÃO DO PASSO

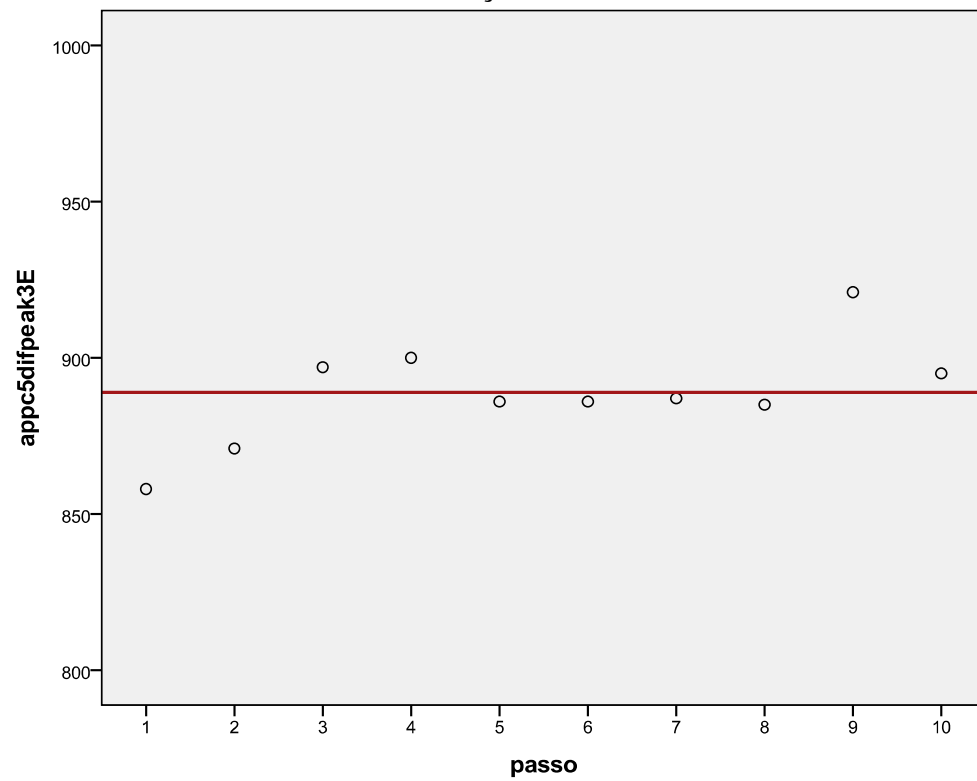
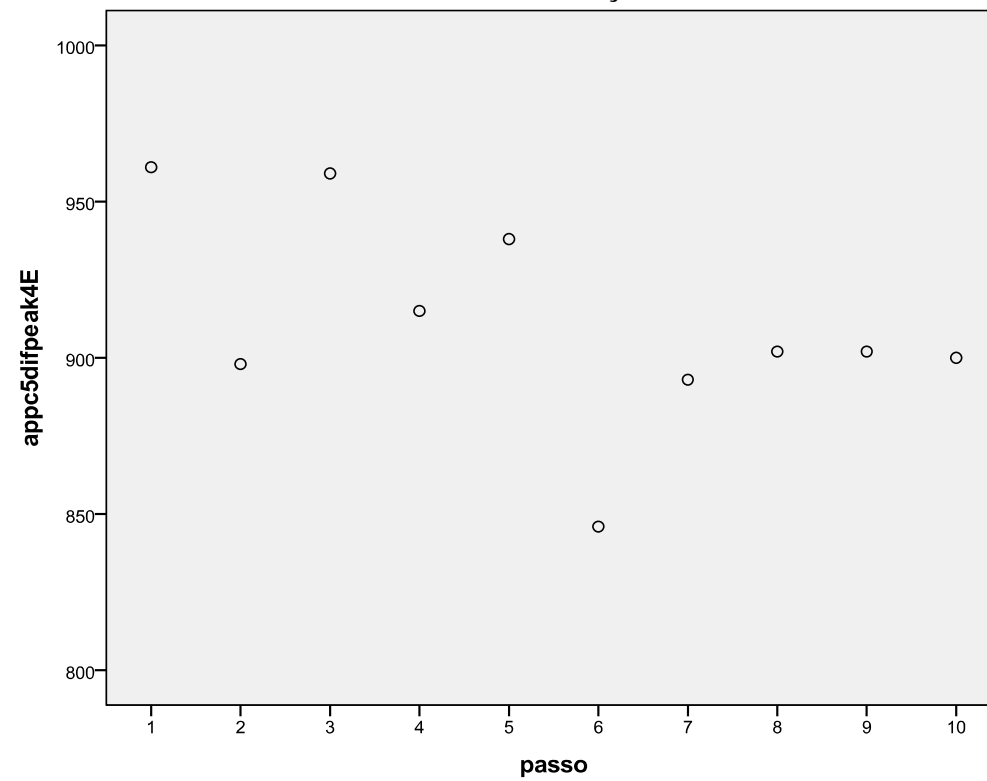
Membro inferior hemiparético (esquerdo)

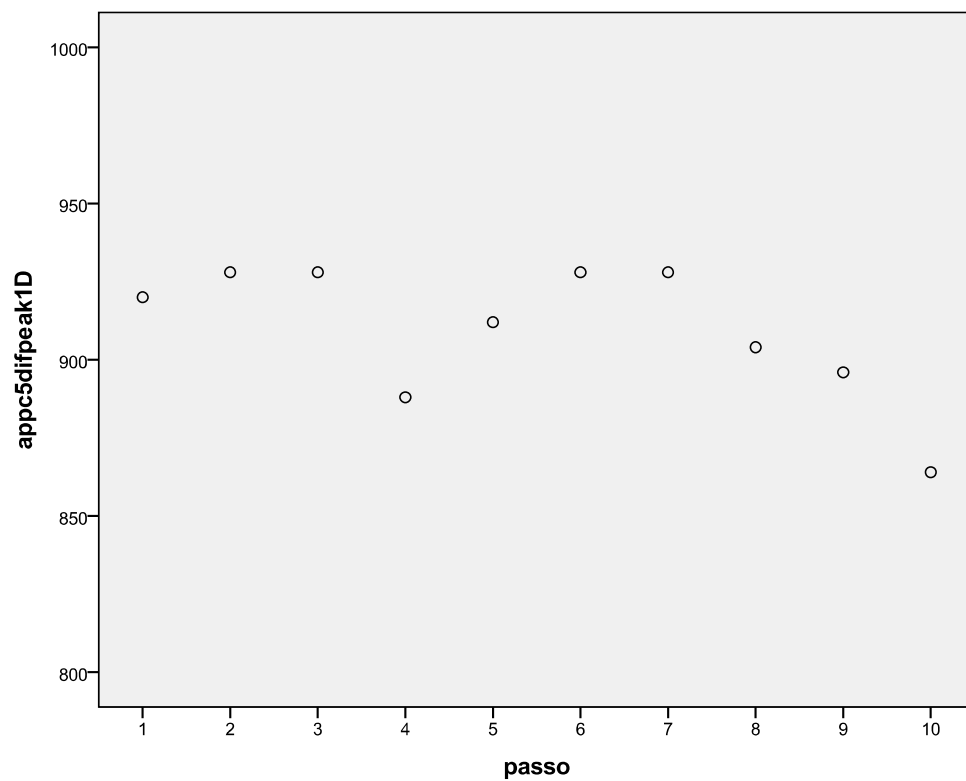
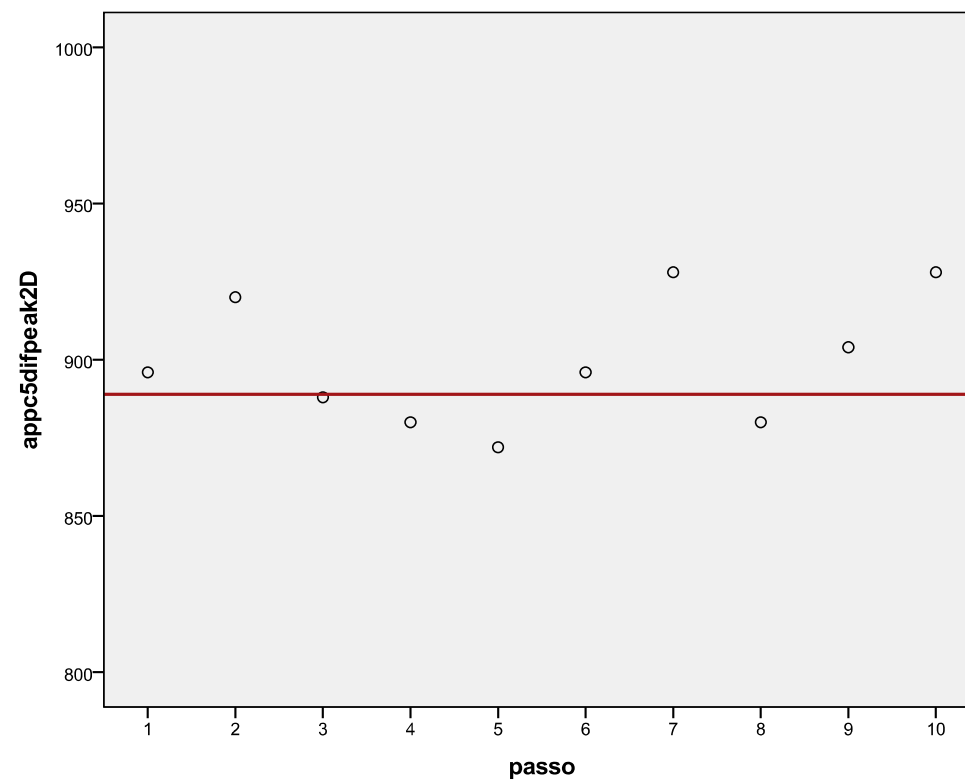
1º Momento de Avaliação

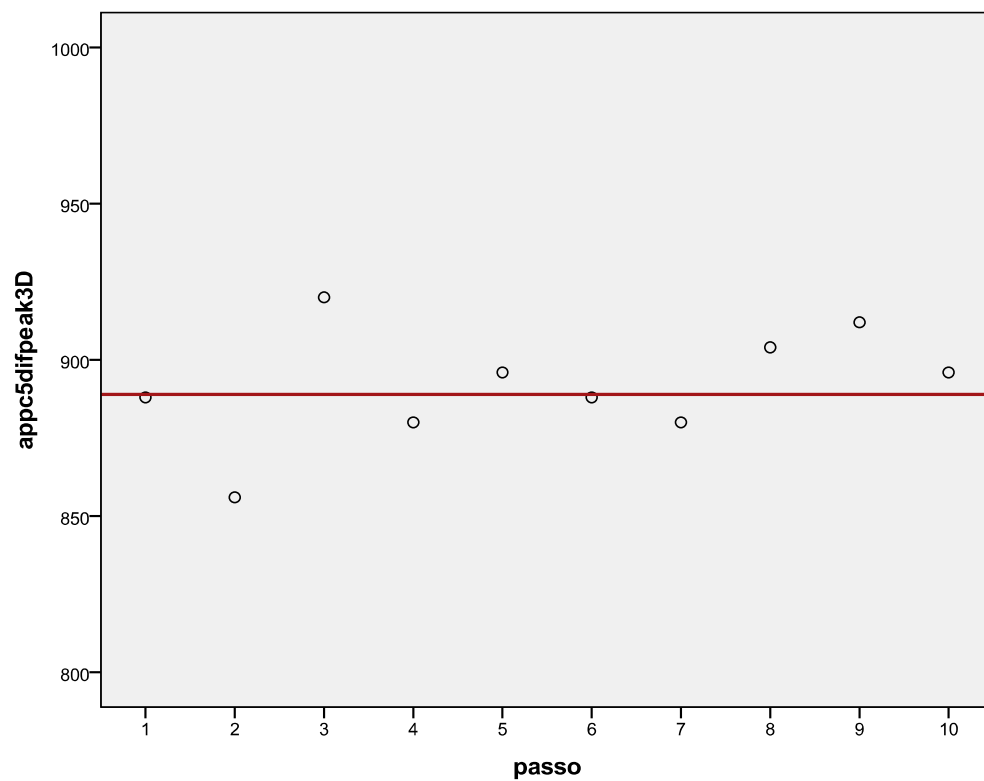
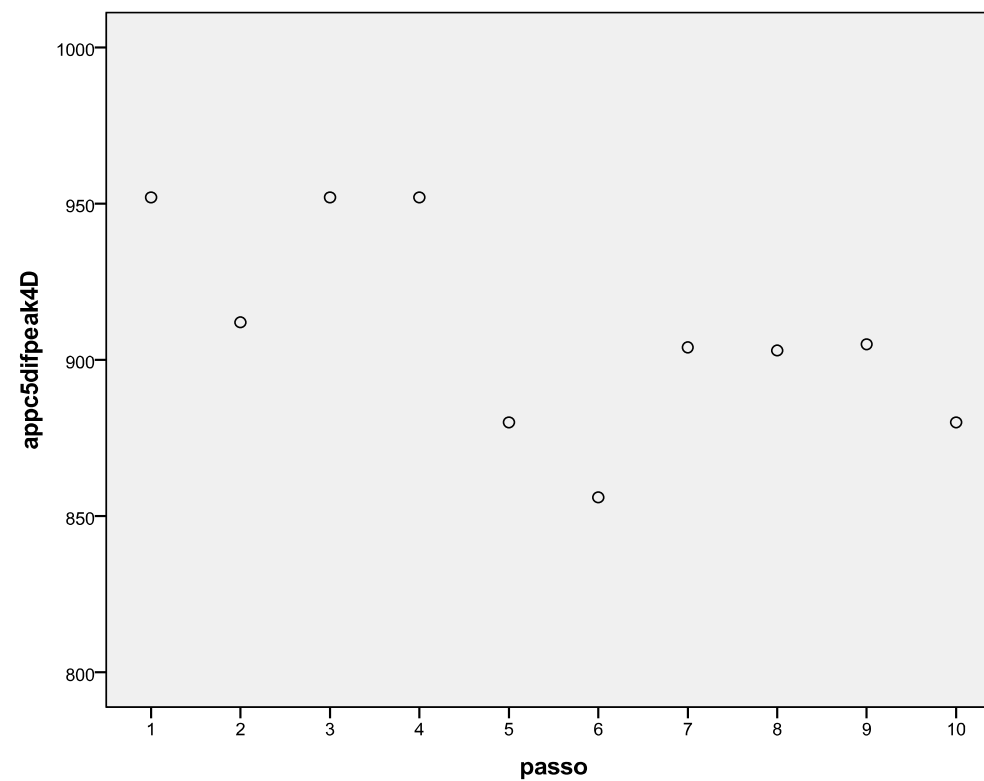


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

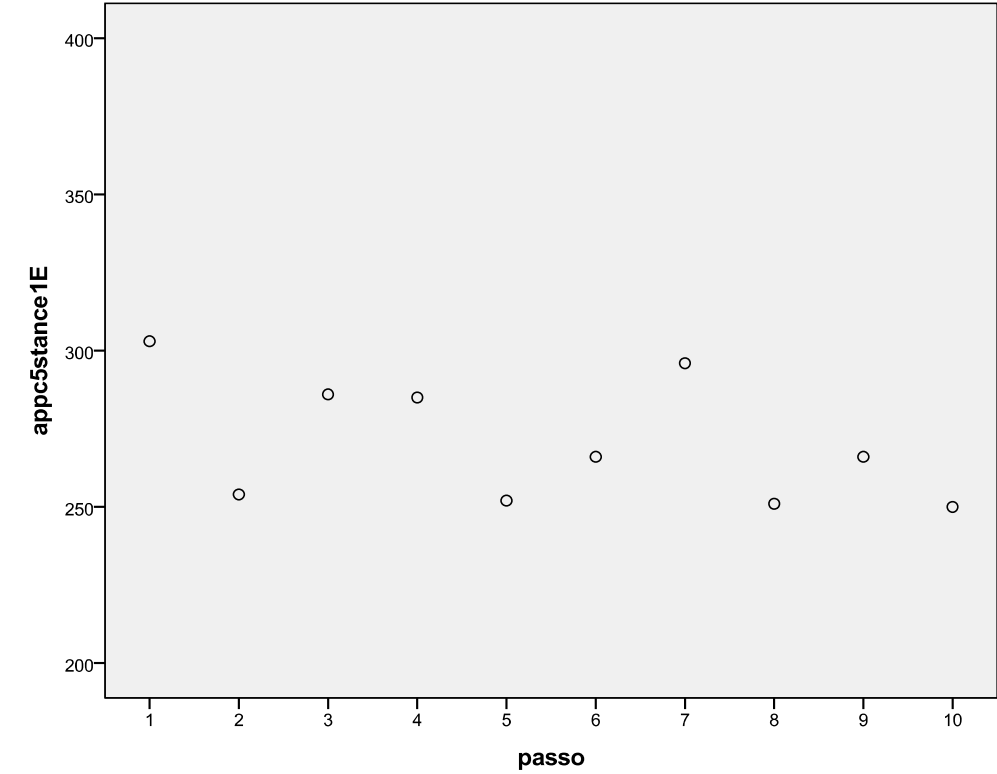
Membro inferior não afectado (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

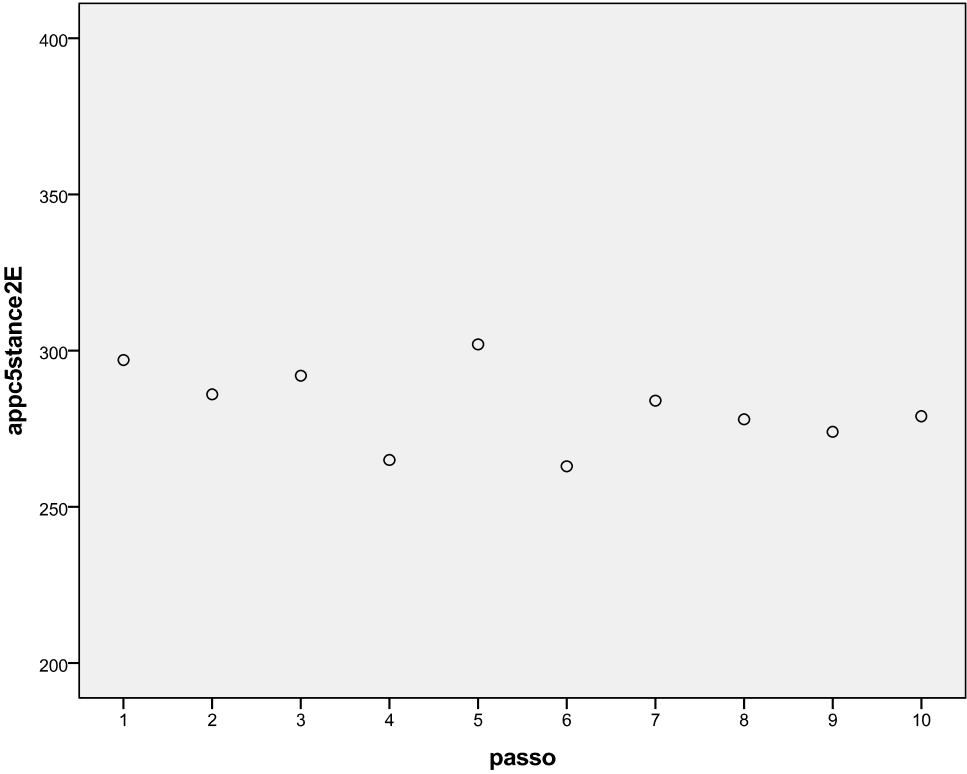
INDIVÍDUO E - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

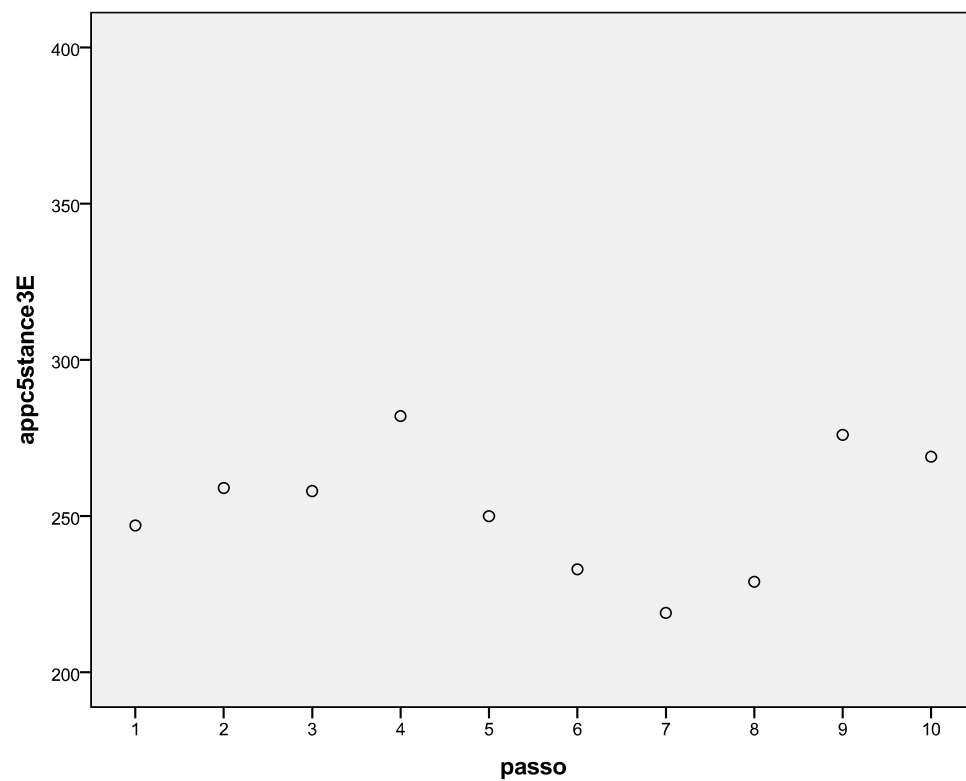
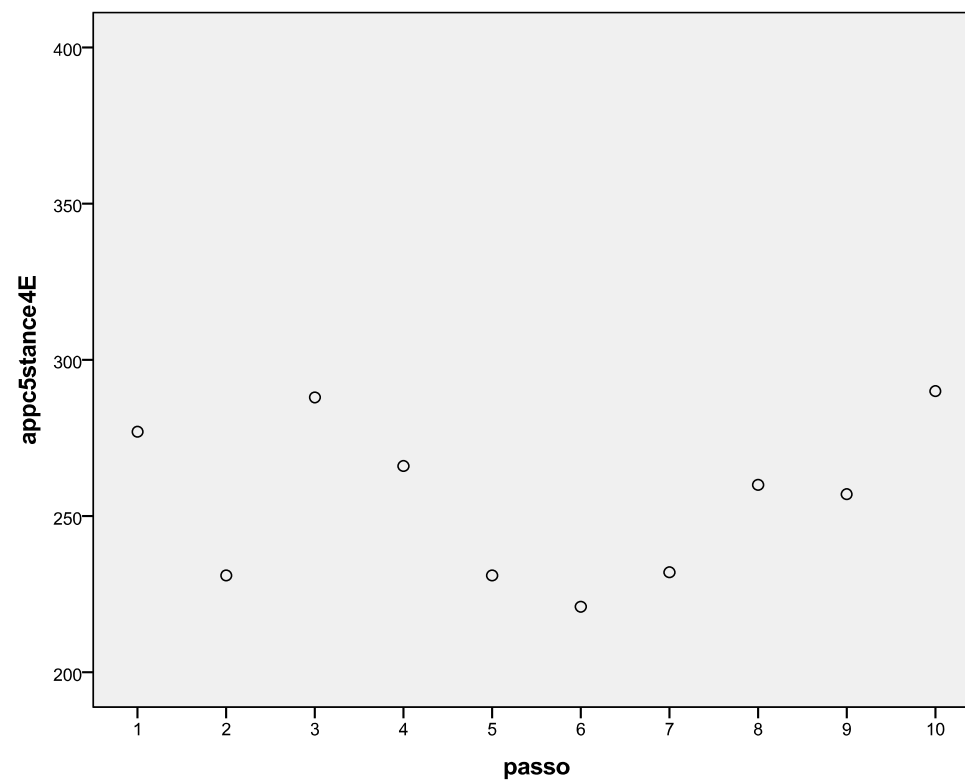
Membro inferior hemiparético (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



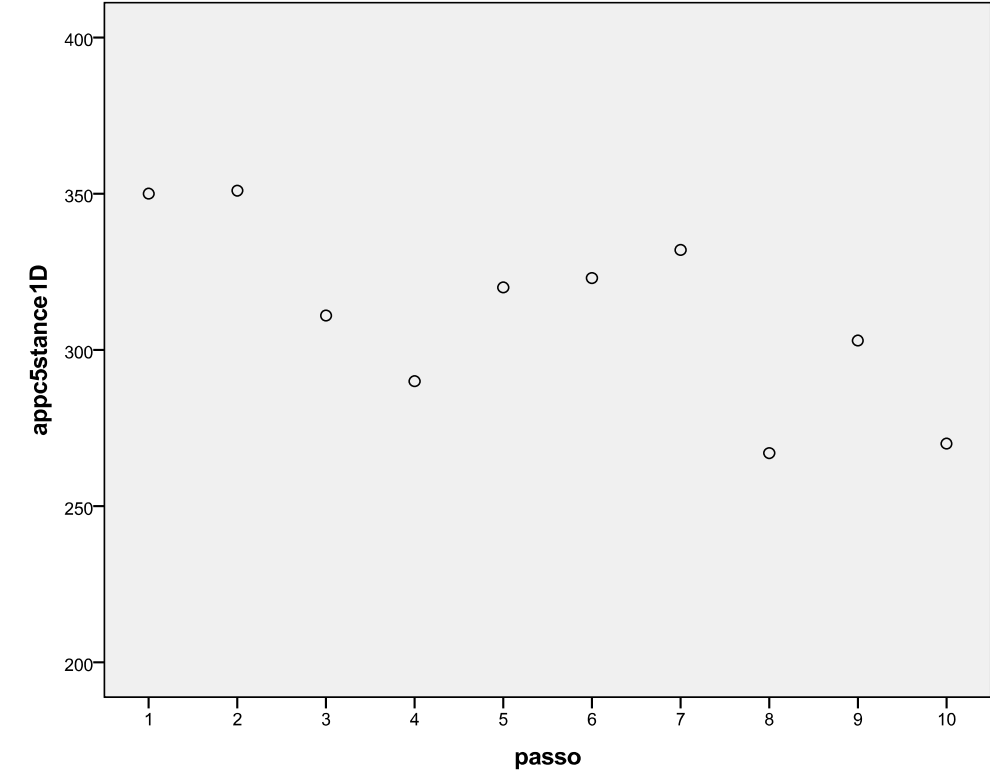
2º Momento da Avaliação



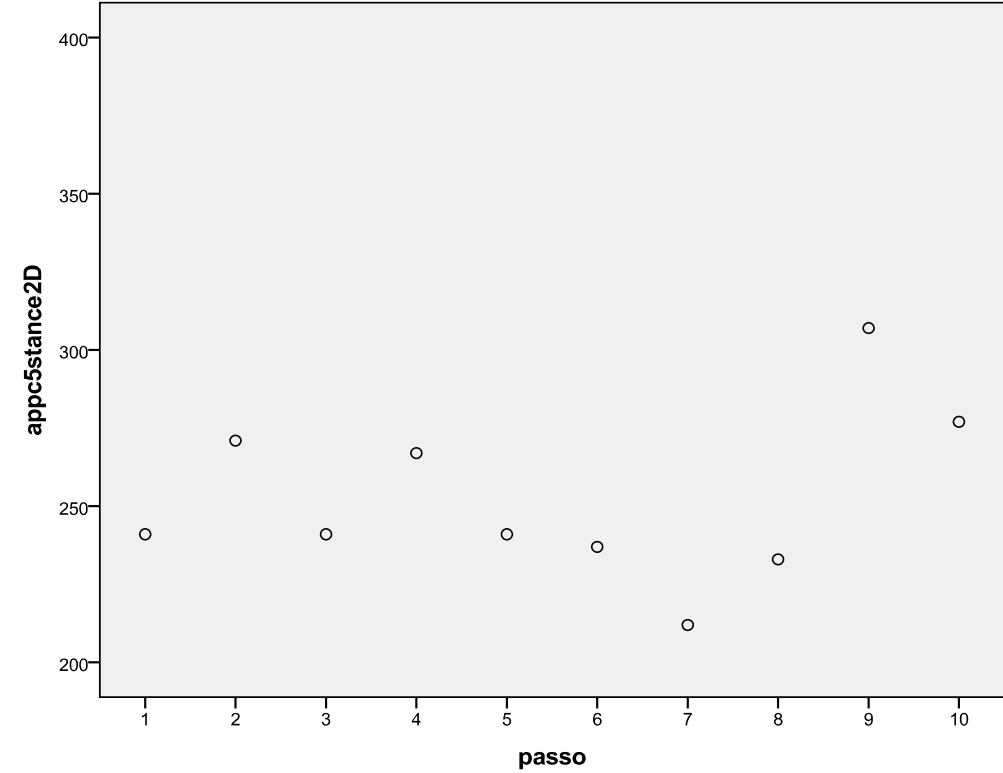
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

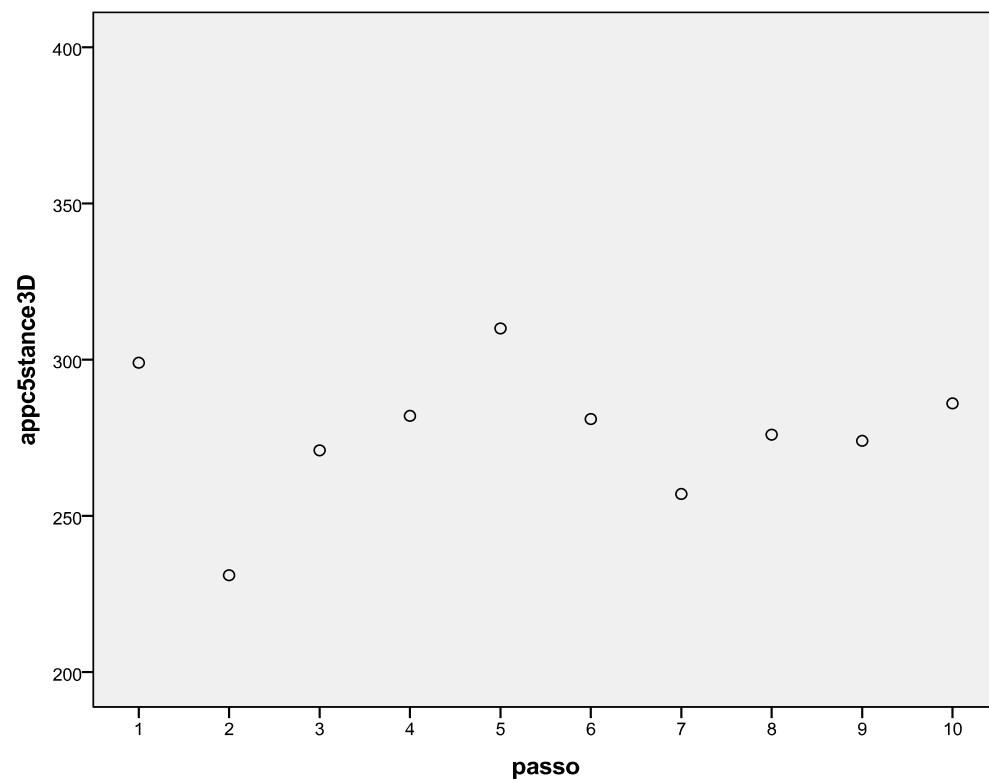
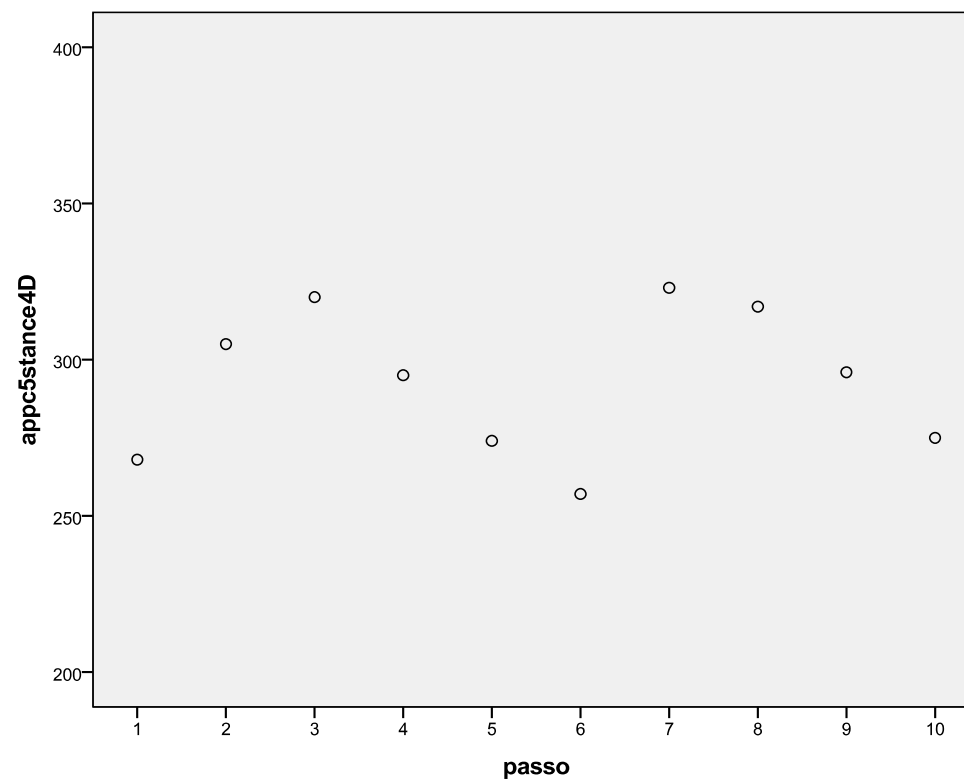
Membro inferior não afectado (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

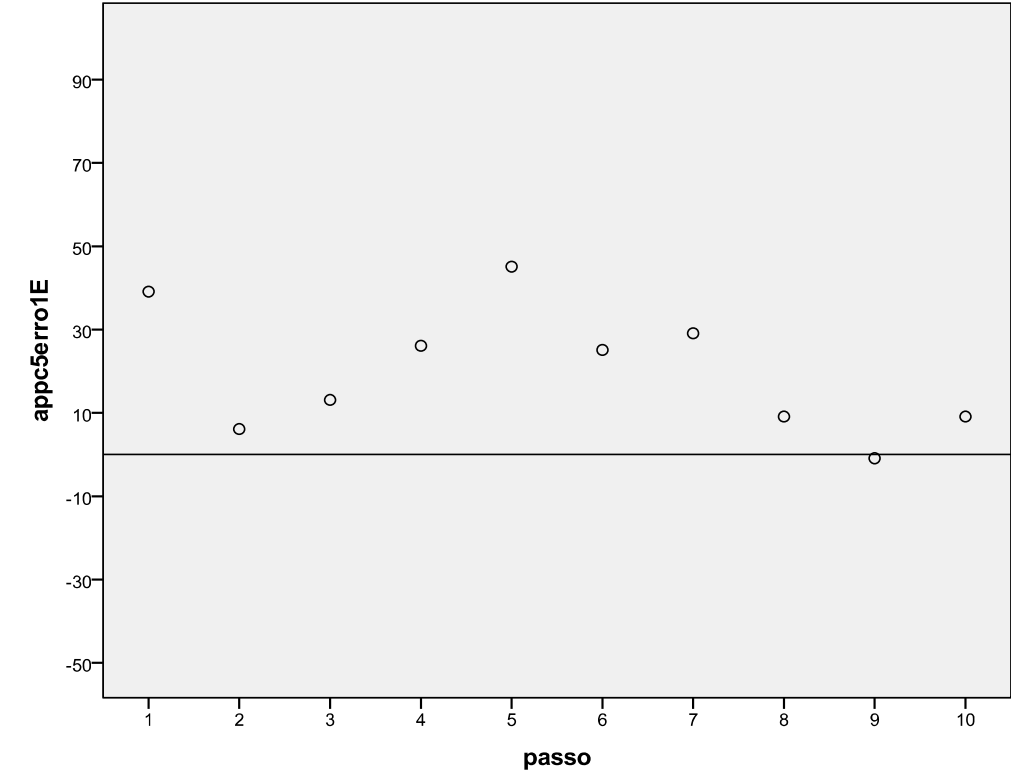


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

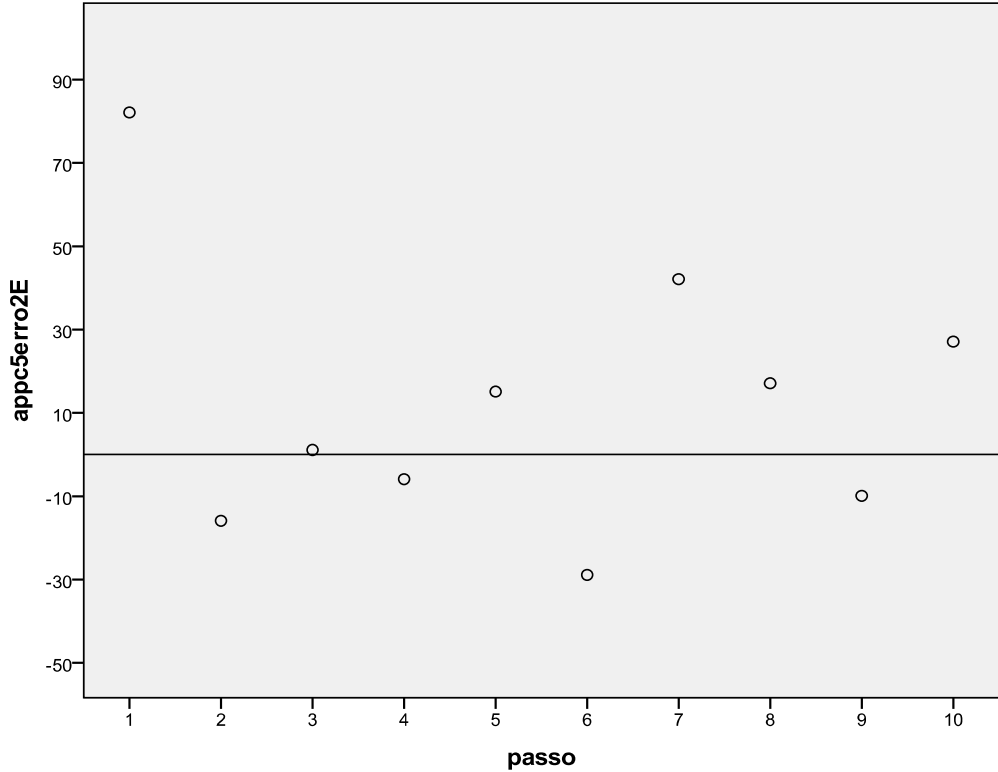
INDIVÍDUO E - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

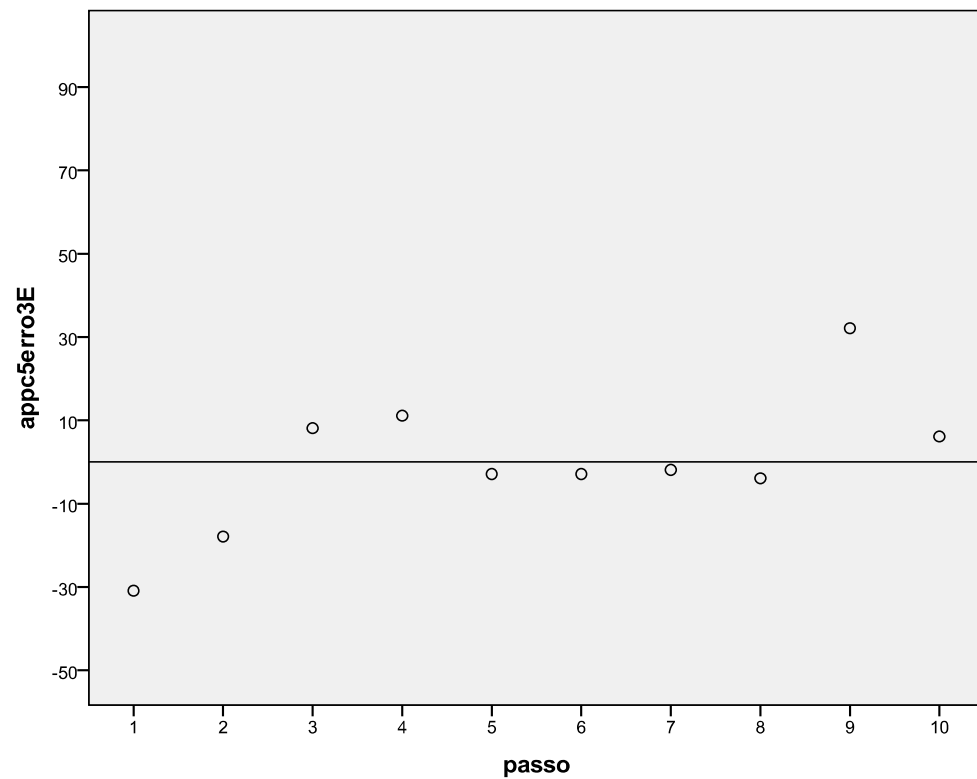
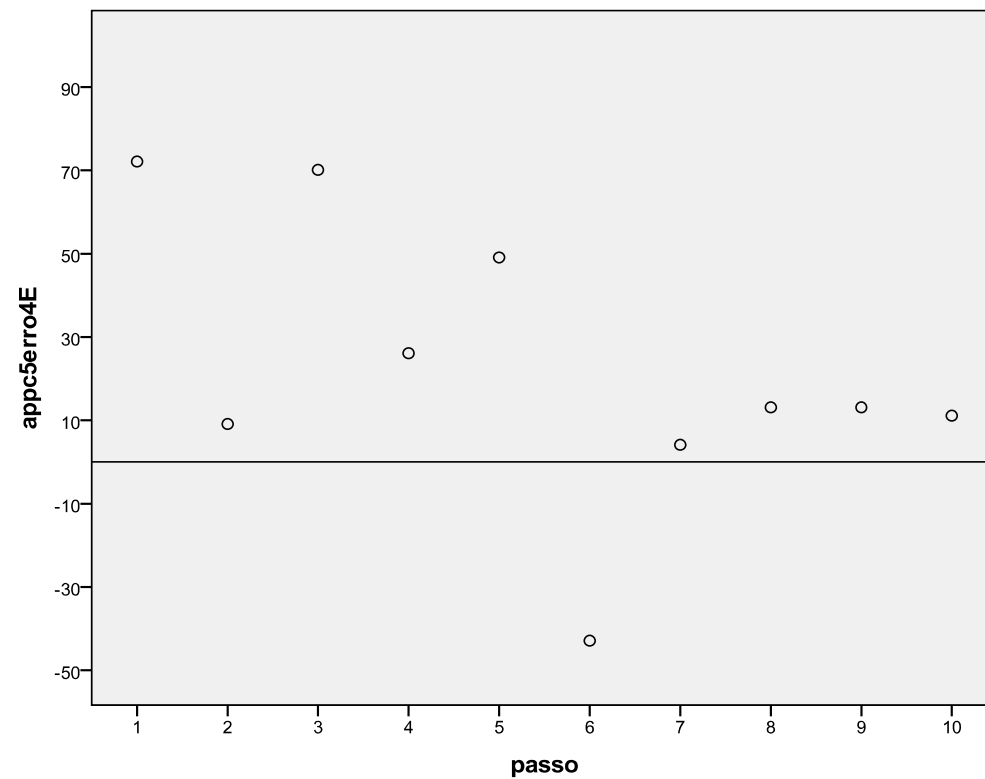
Membro inferior hemiparético (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



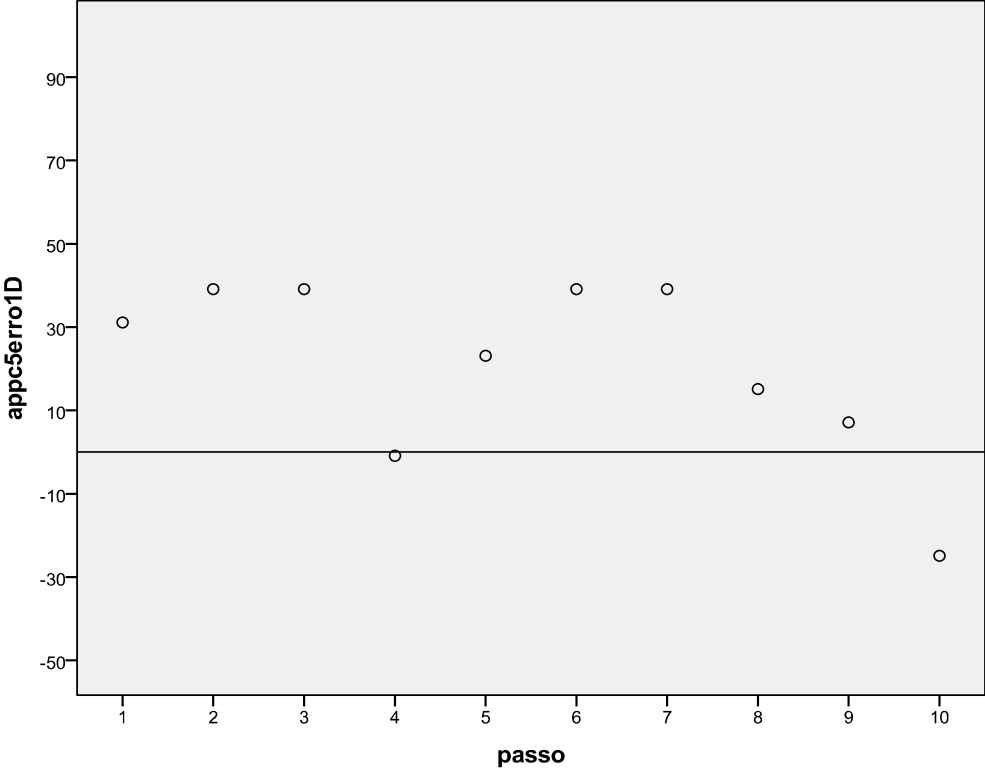
2º Momento da Avaliação



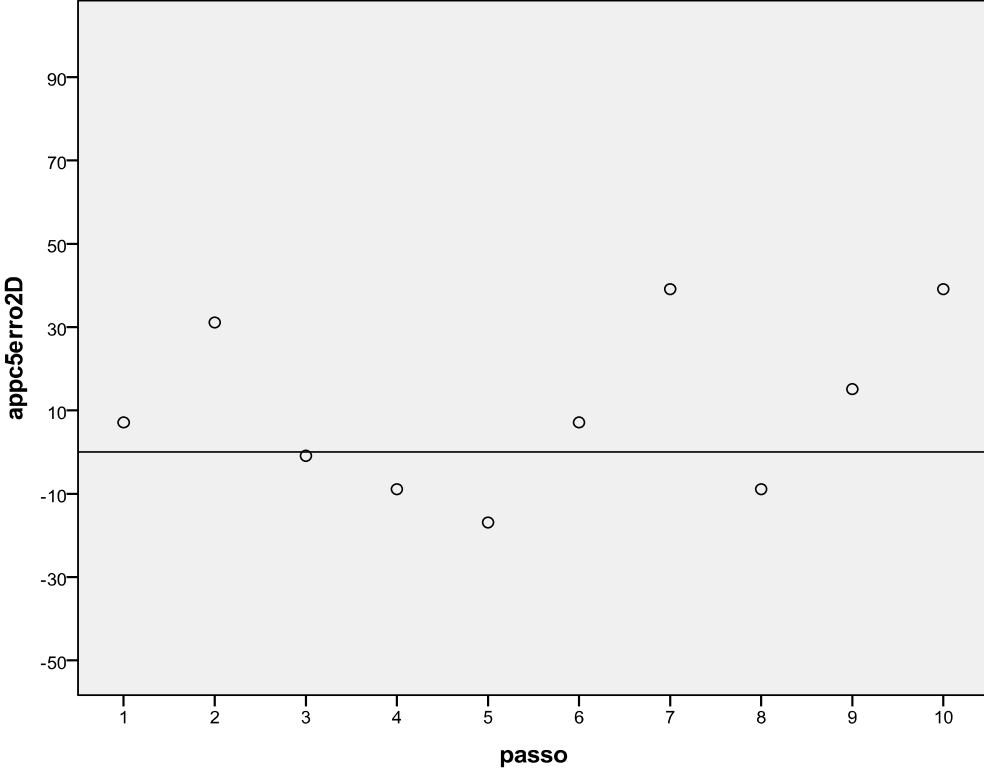
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

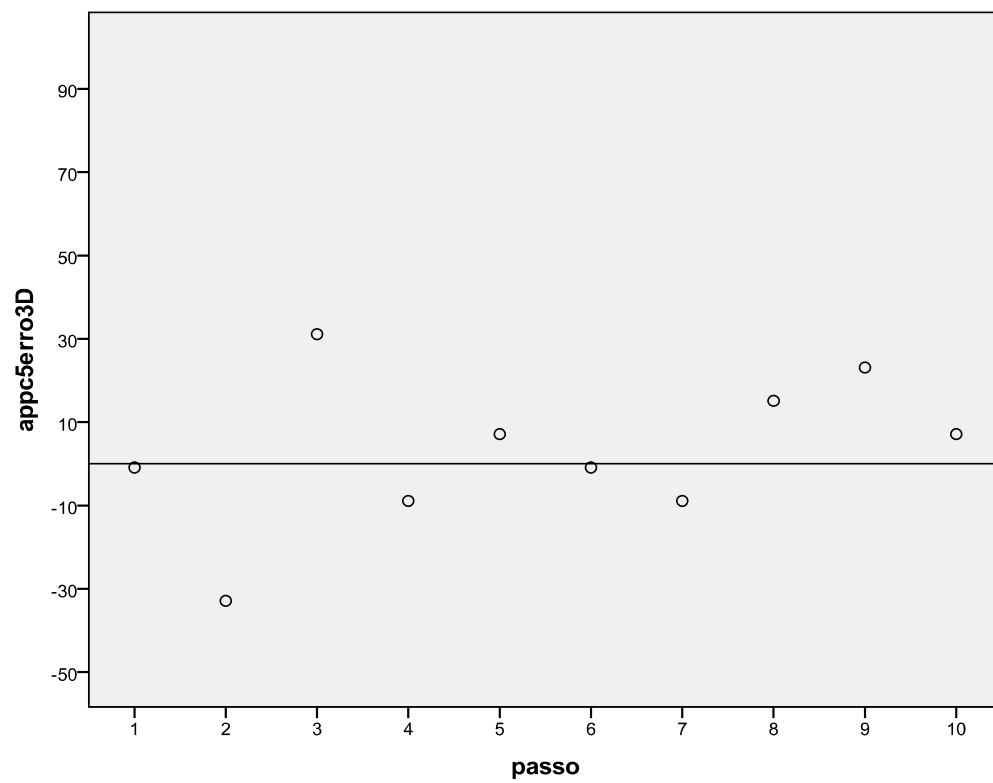
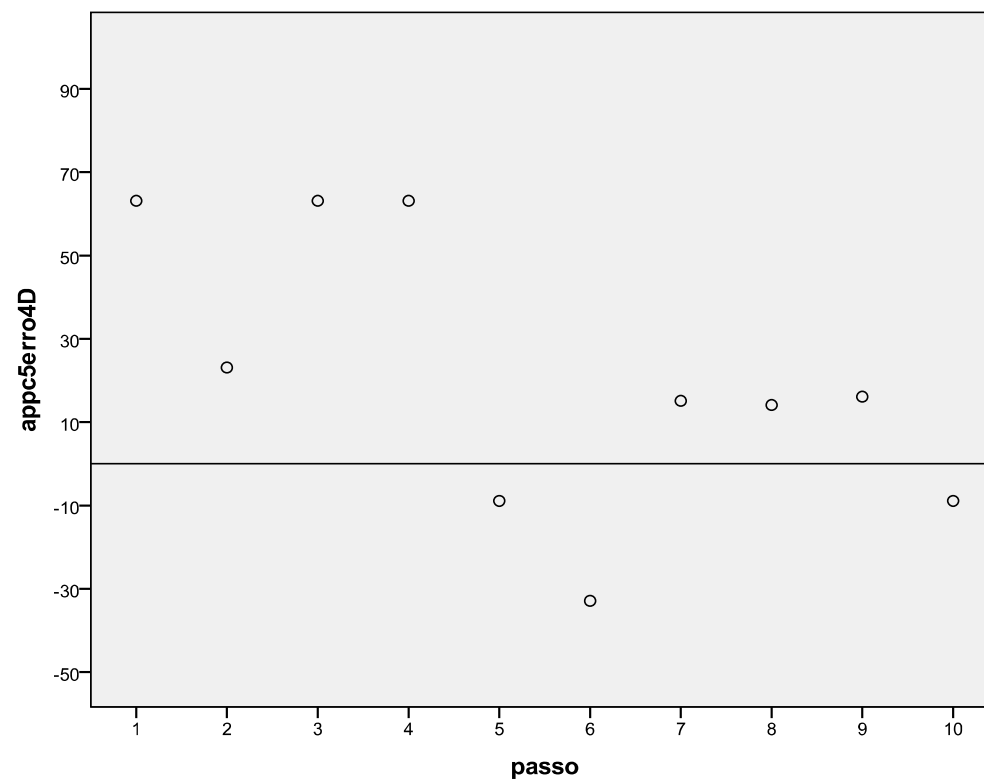
Membro inferior não afectado (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

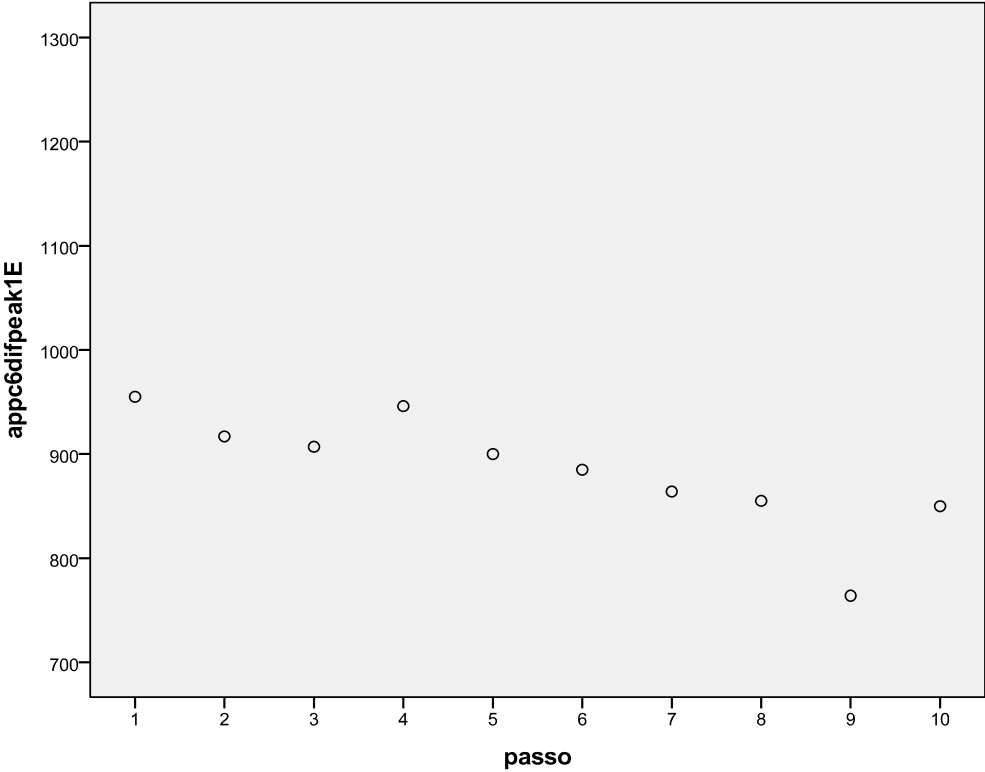


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

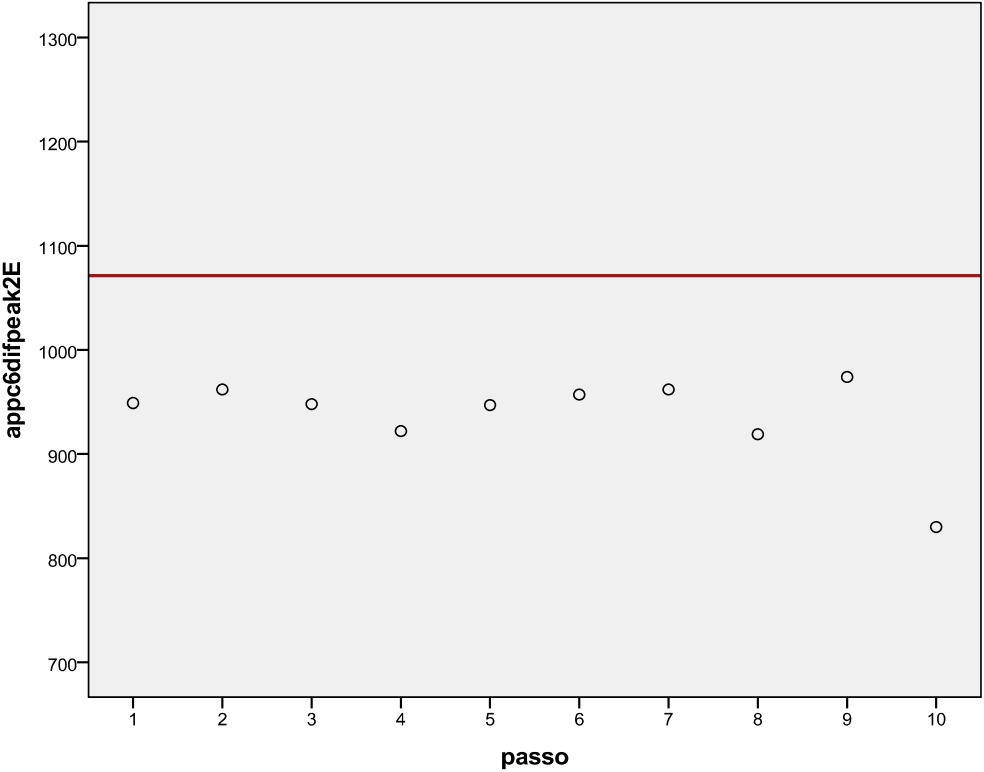
INDIVÍDUO F - DURAÇÃO DO PASSO

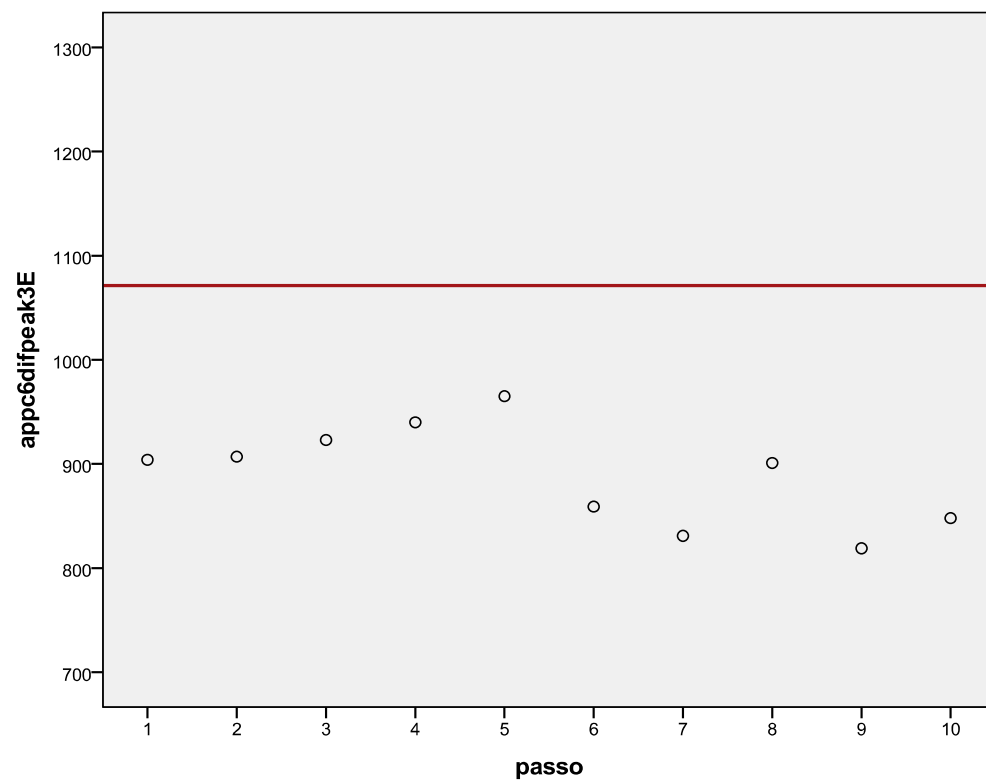
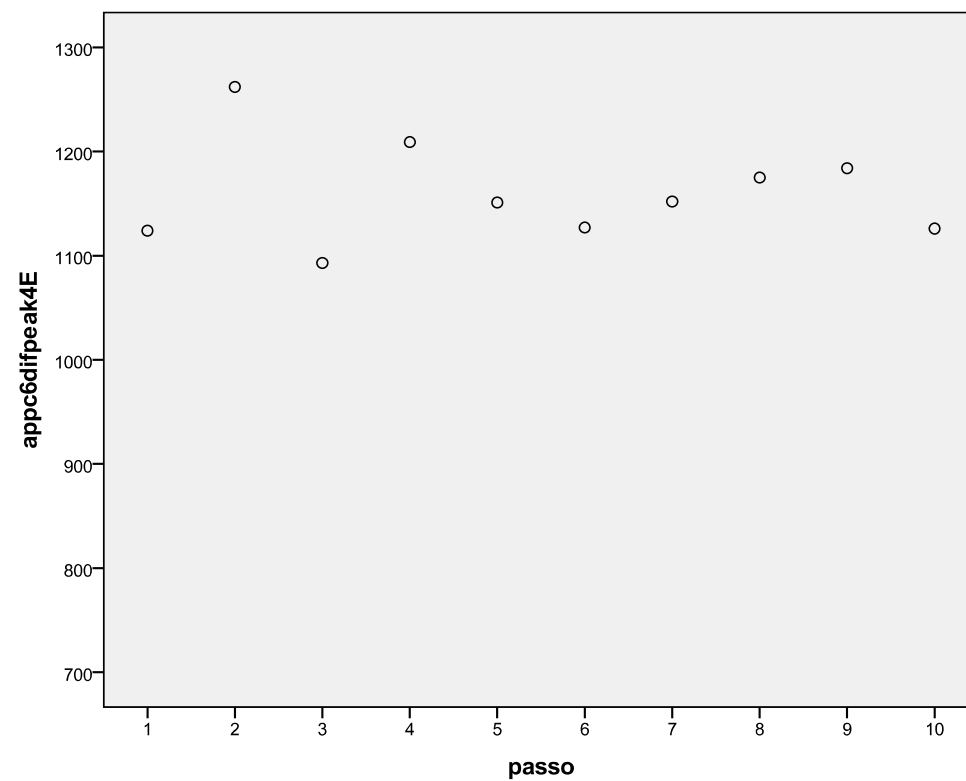
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



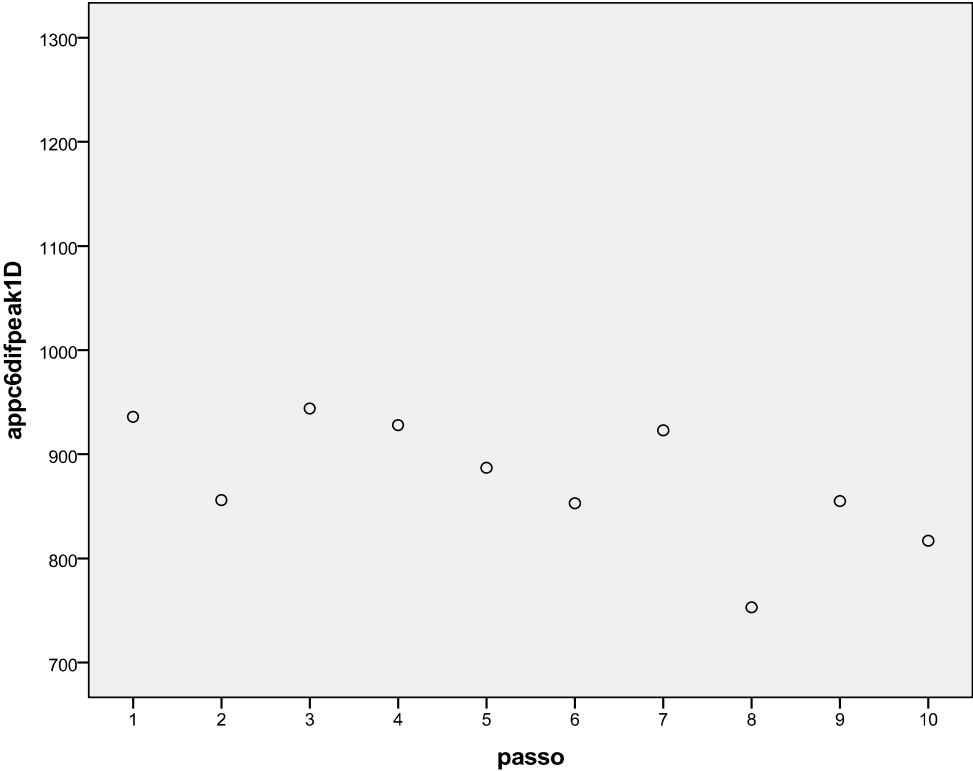
2º Momento da Avaliação



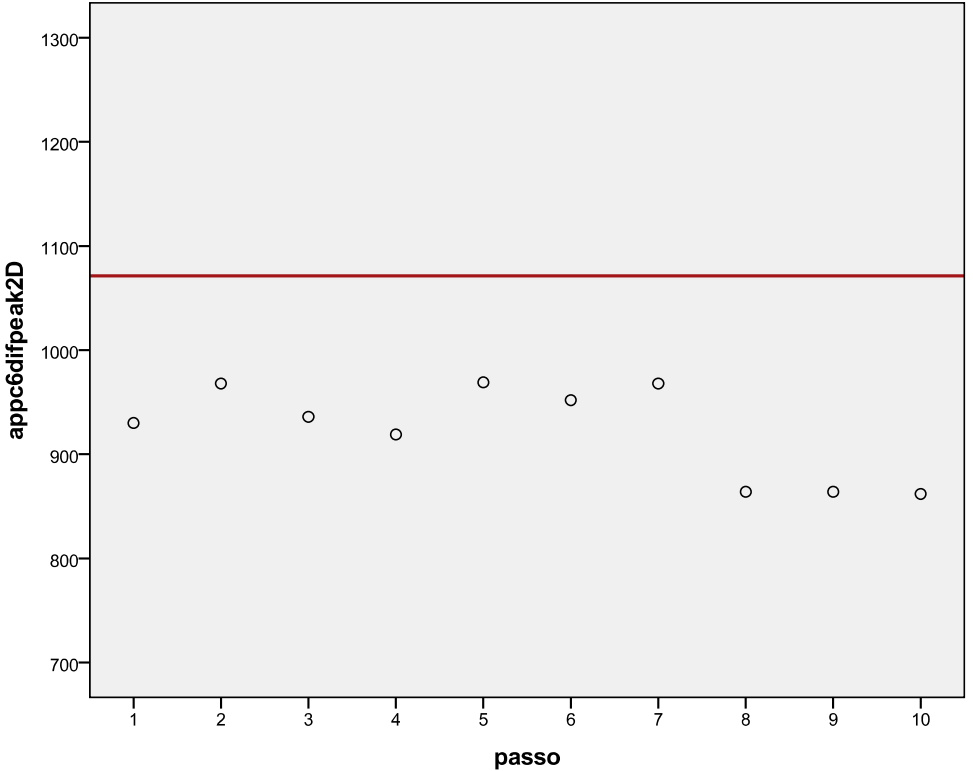
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

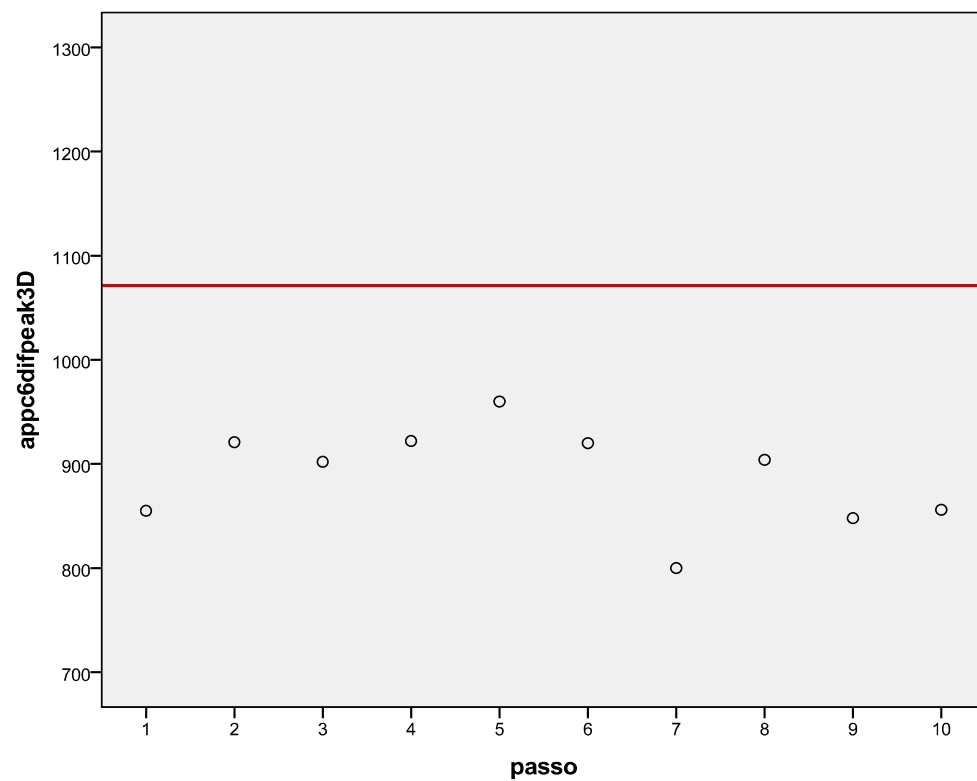
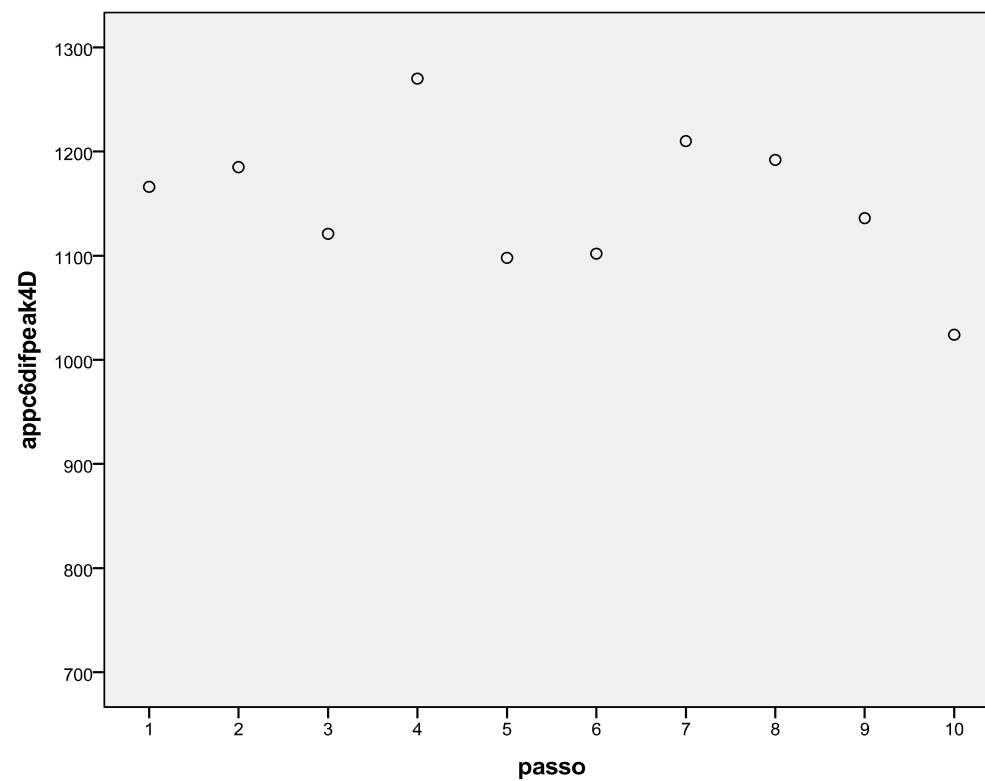
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

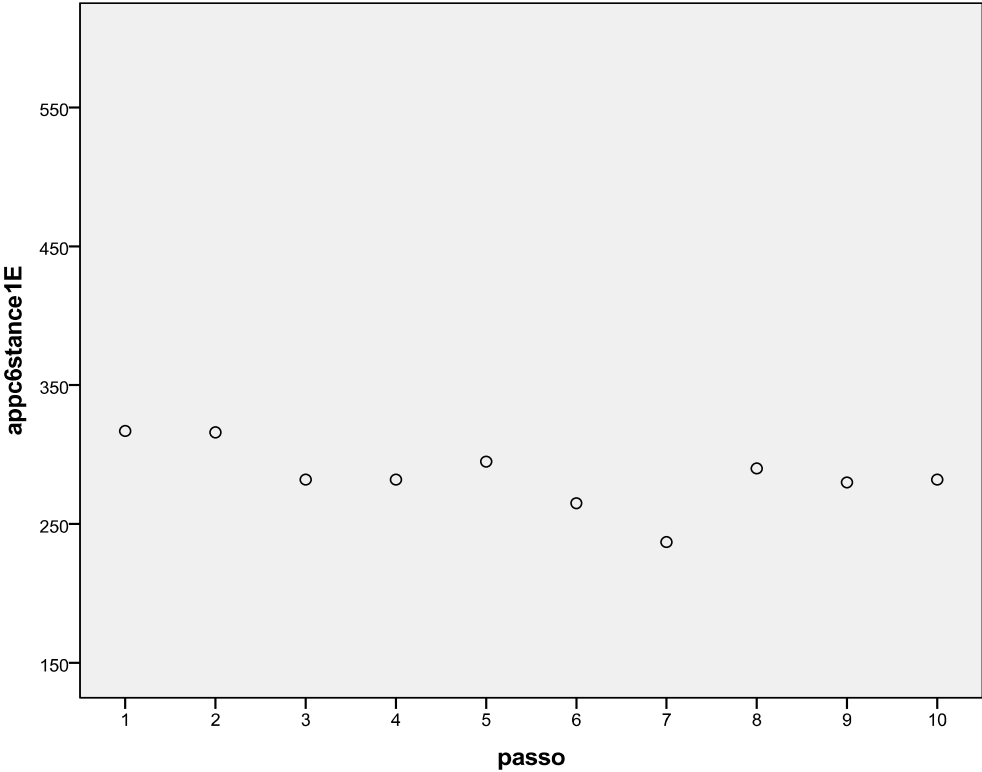


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

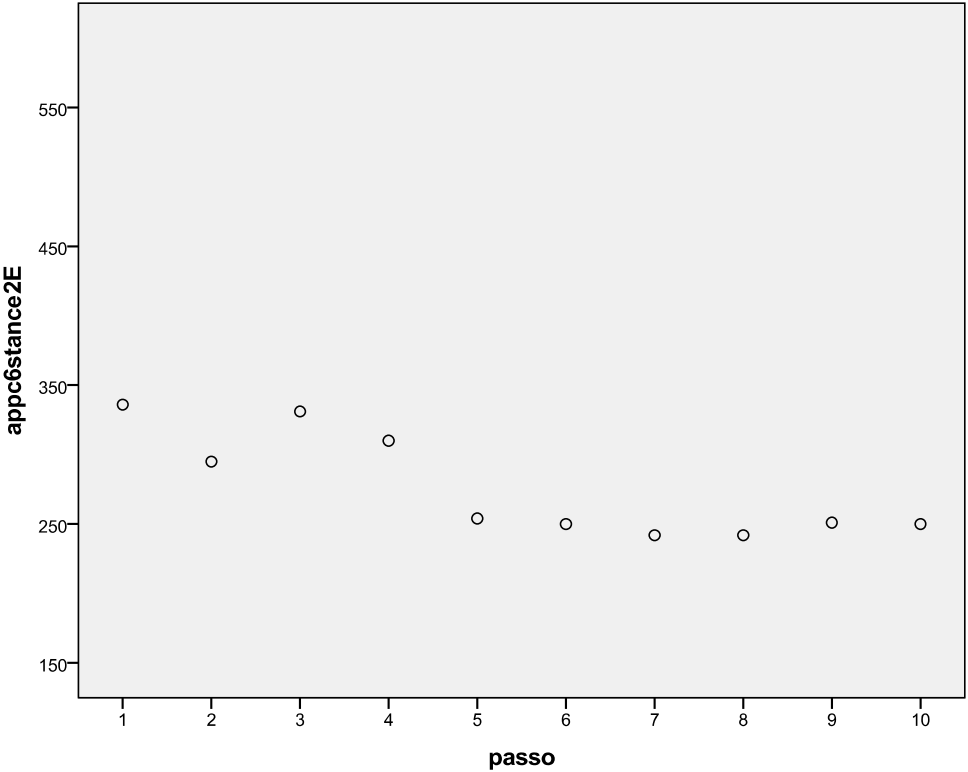
INDIVÍDUO F - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

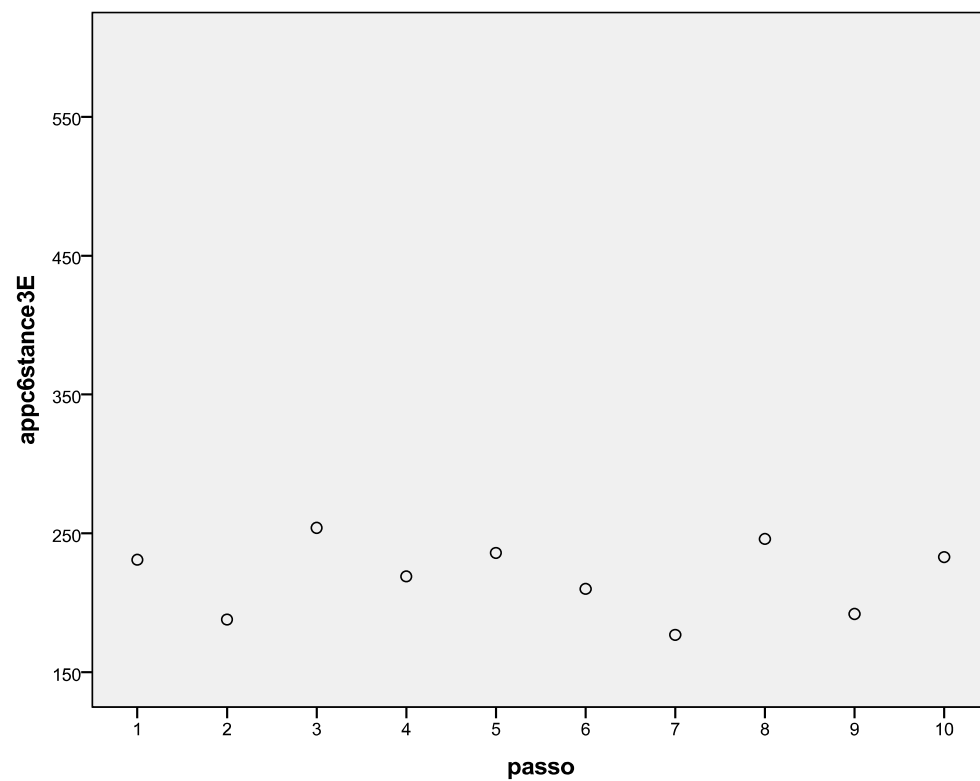
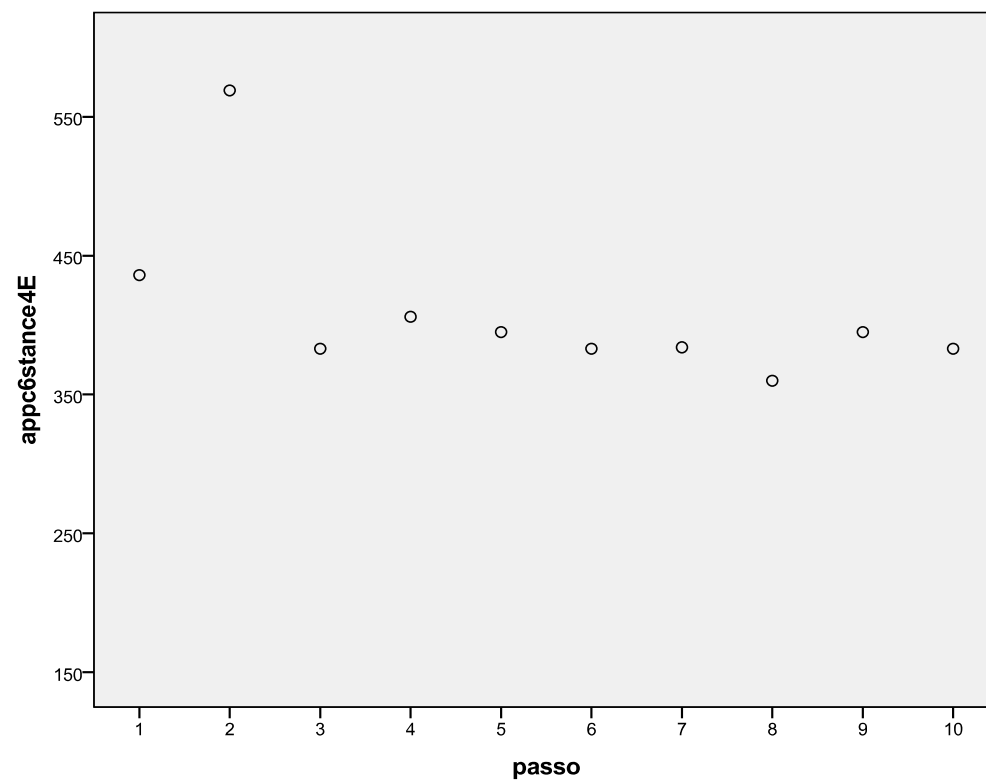
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



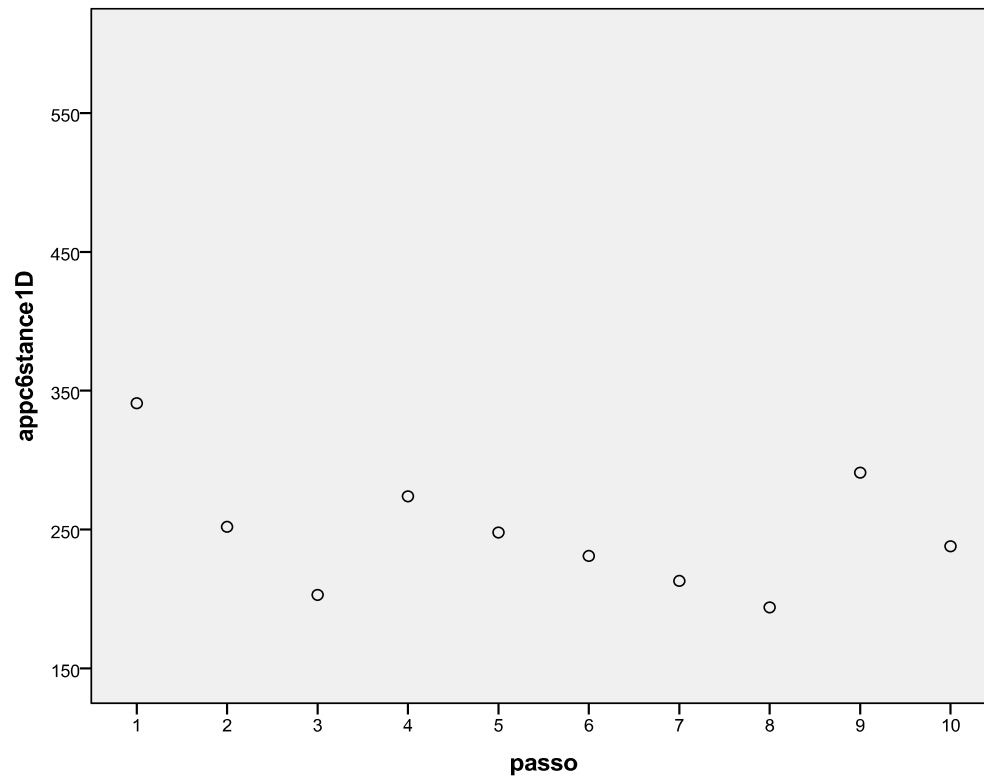
2º Momento da Avaliação



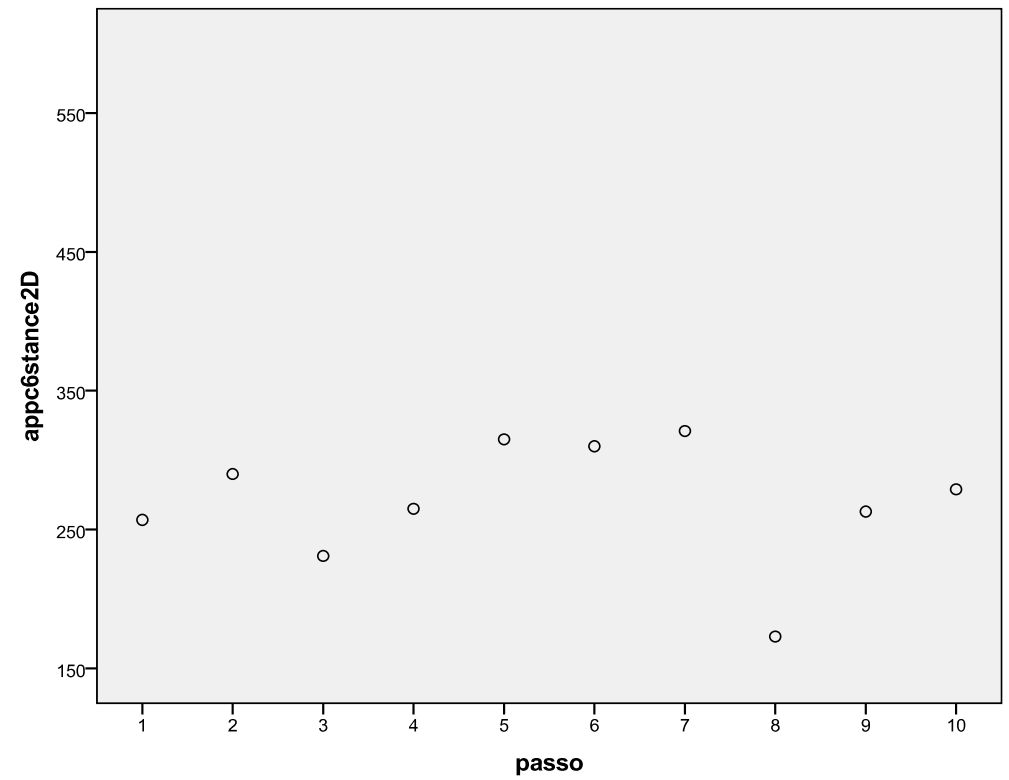
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

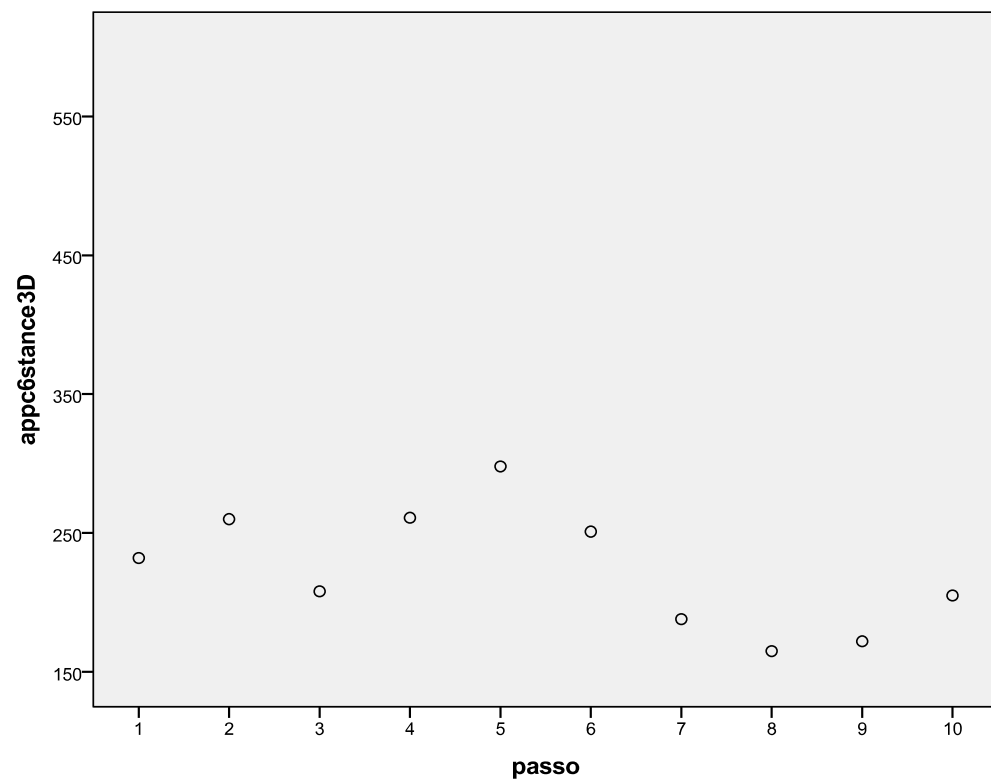
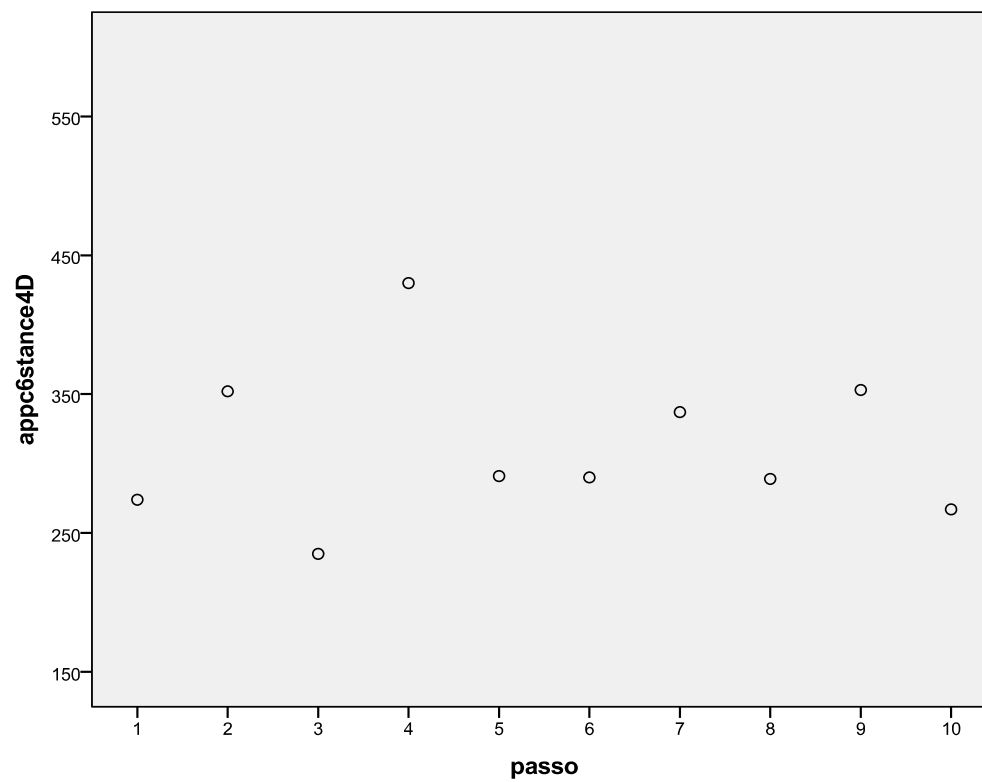
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

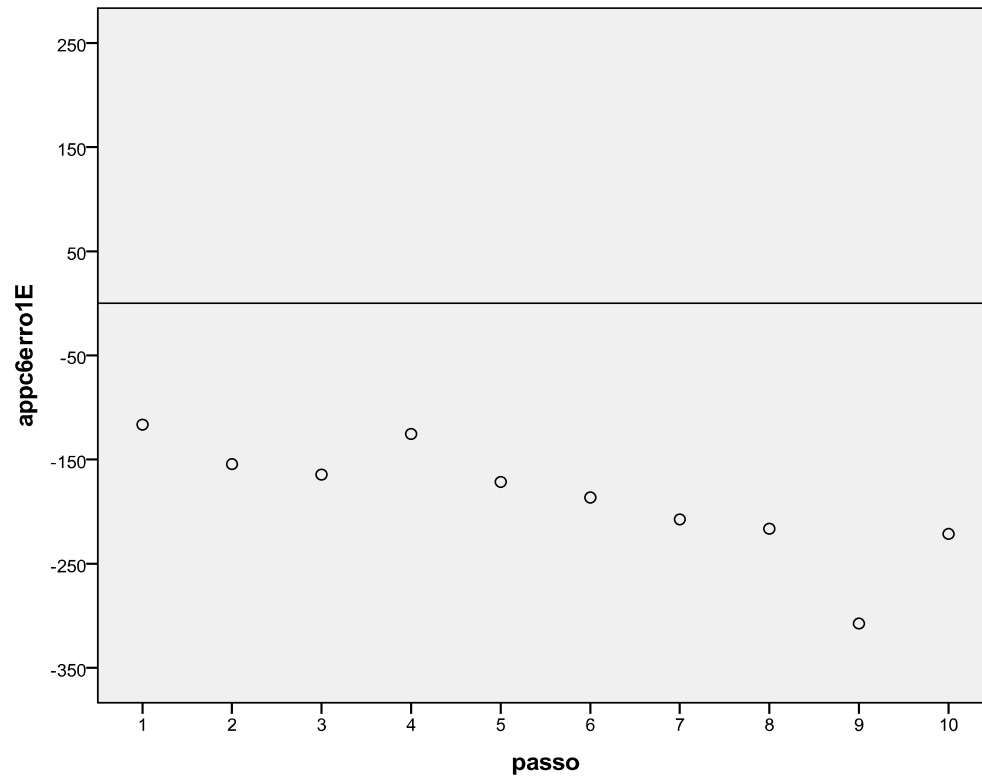


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

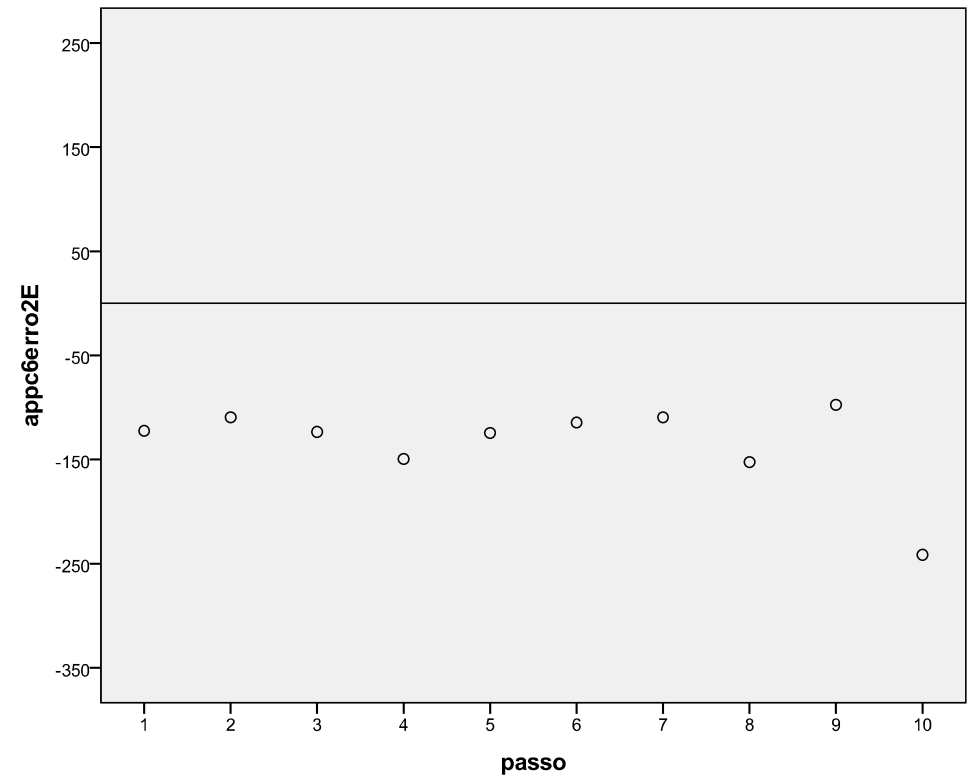
INDIVÍDUO F - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

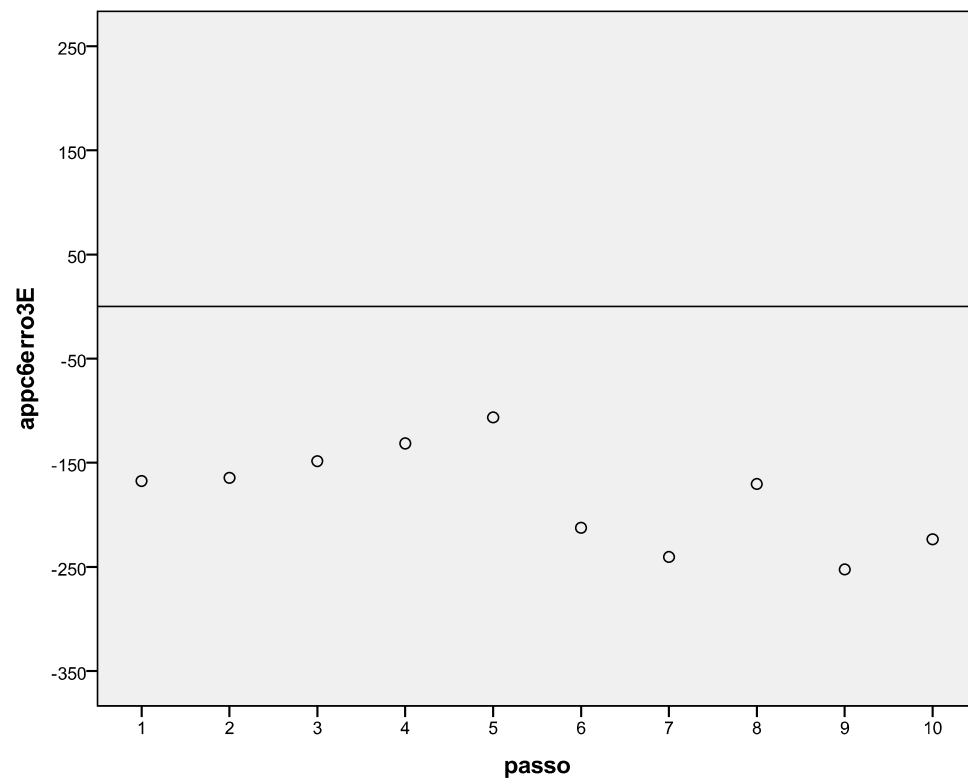
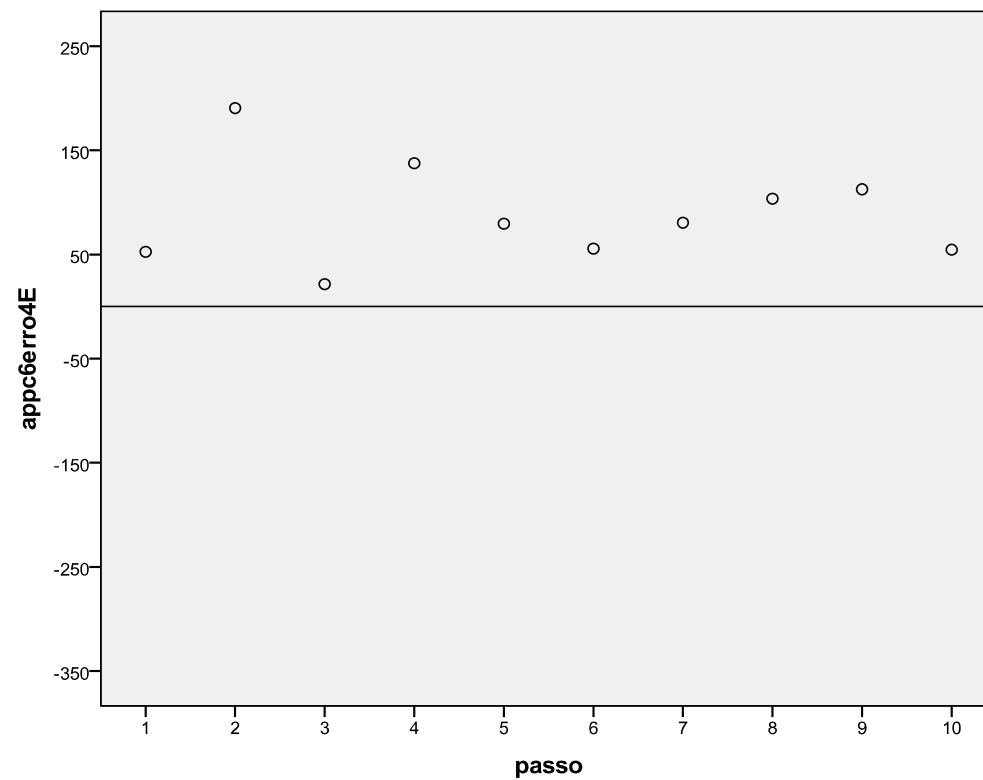
Membro inferior não afectado (esquerdo)

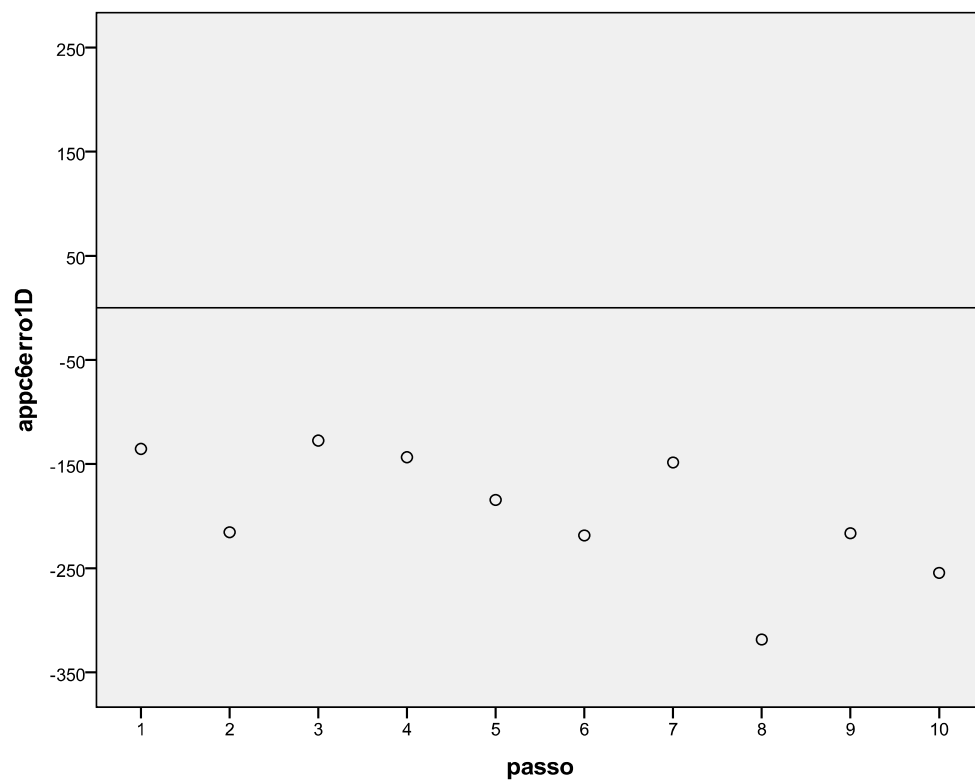
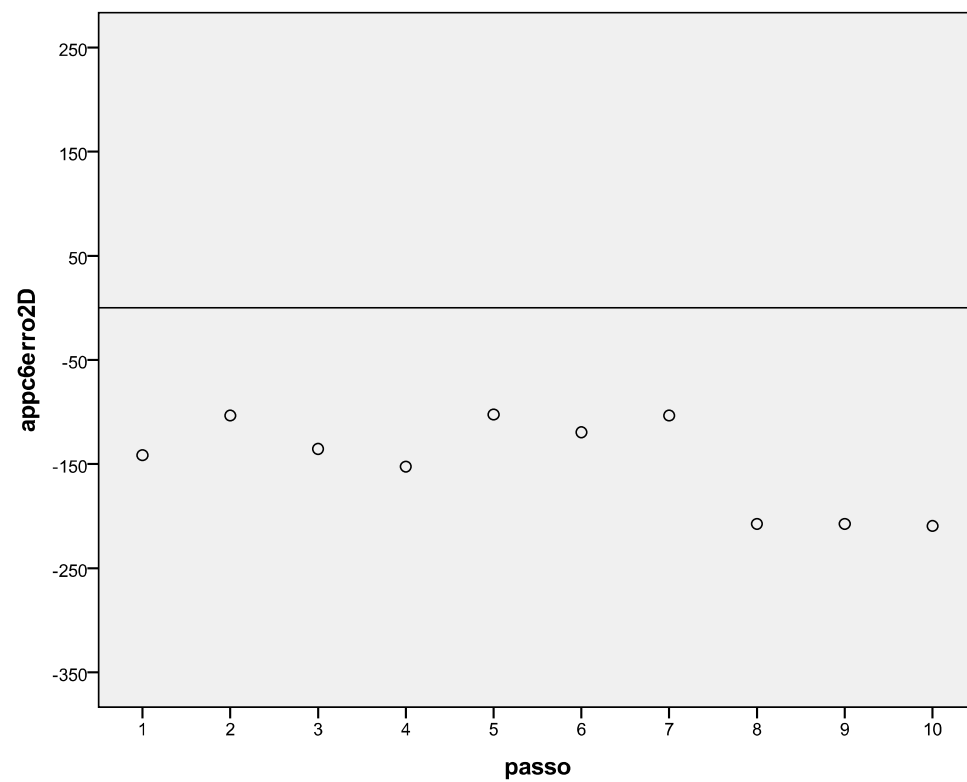
1º Momento de Avaliação

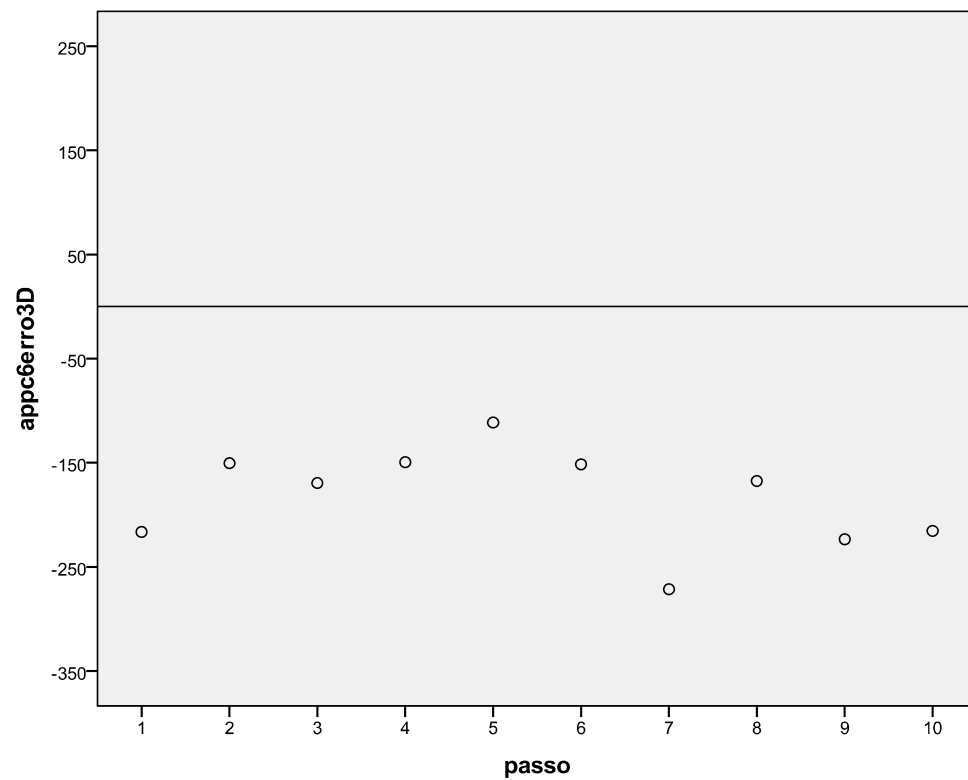
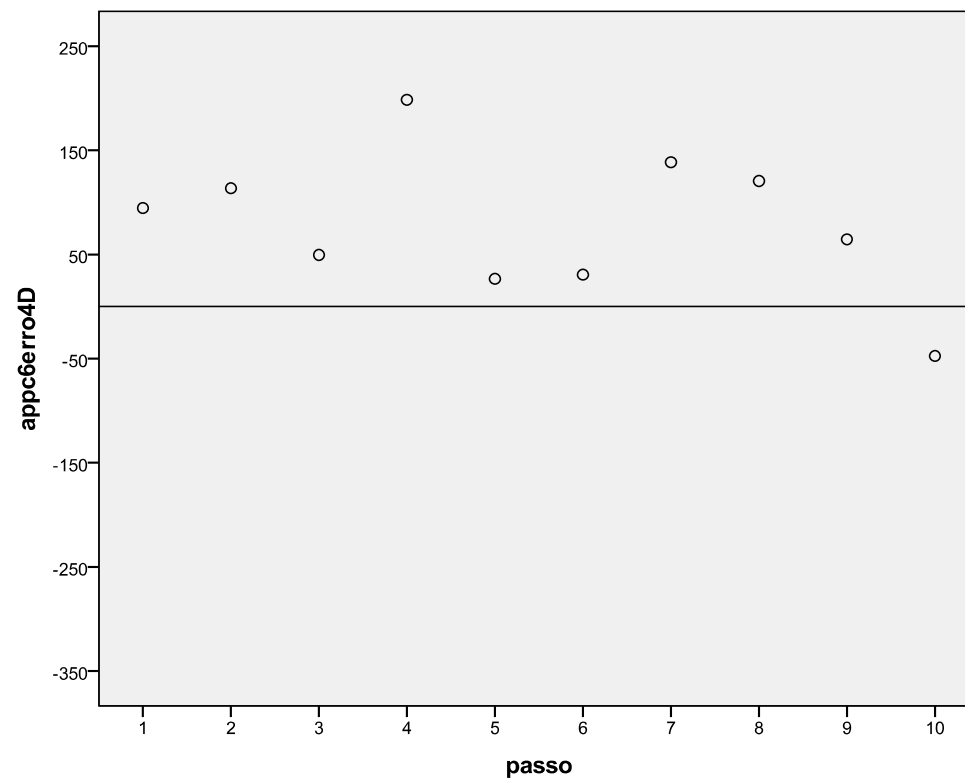


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

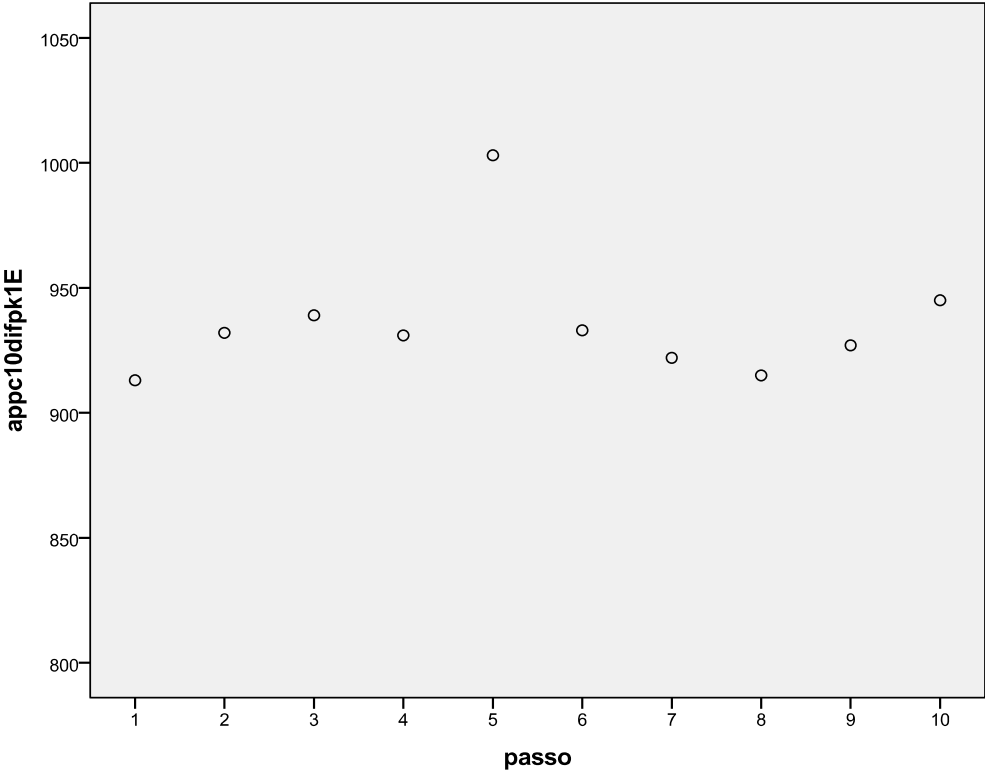
Membro inferior hemiparético (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

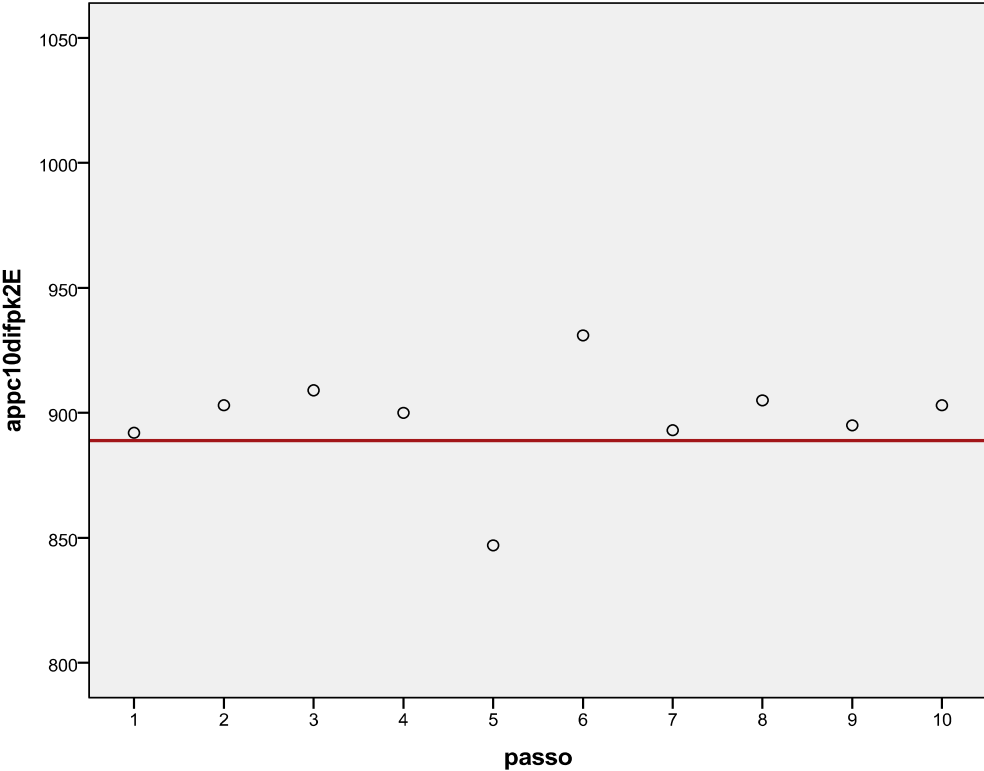
INDIVÍDUO G - DURAÇÃO DO PASSO

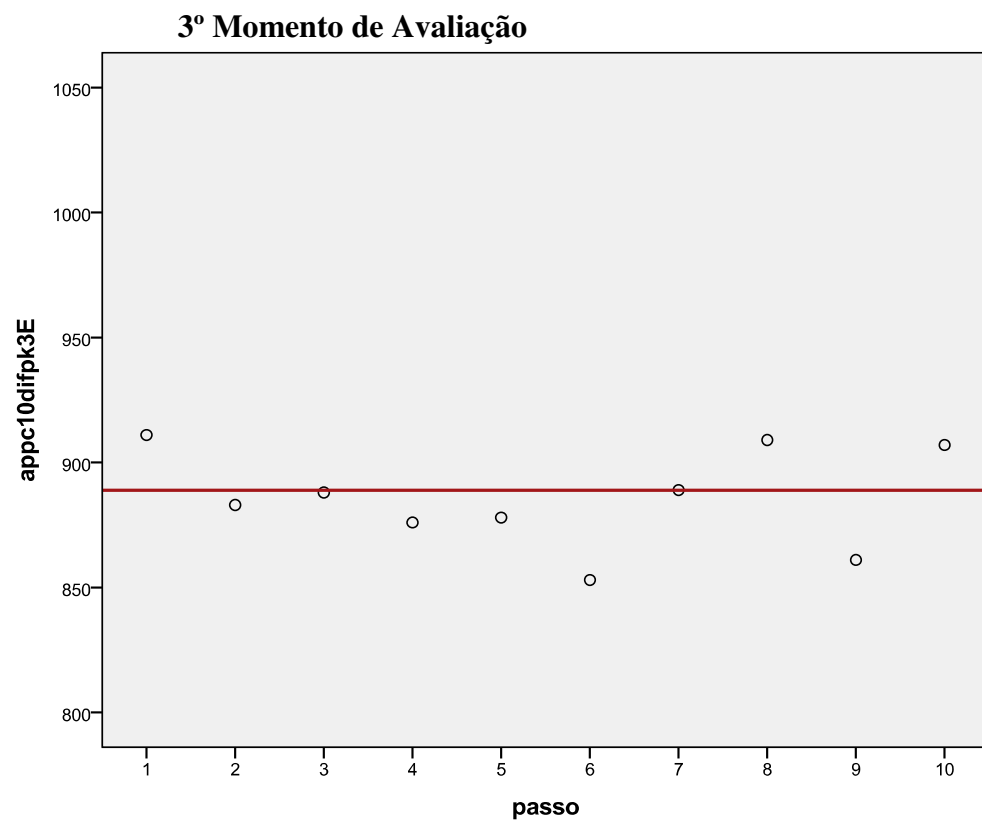
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



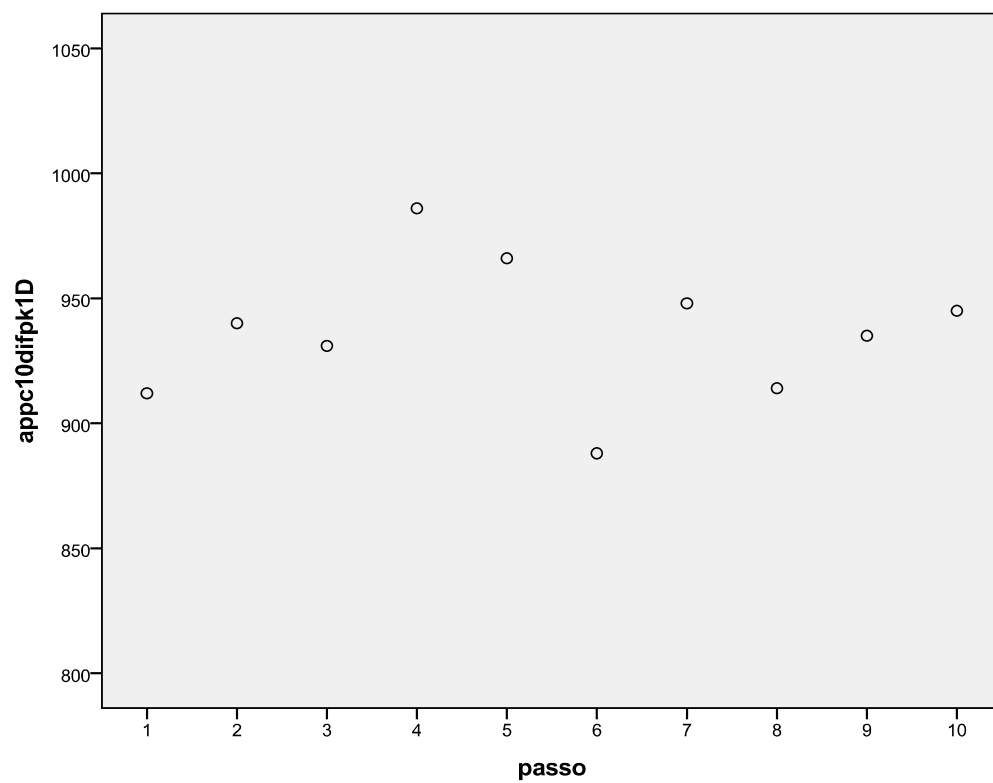
2º Momento da Avaliação



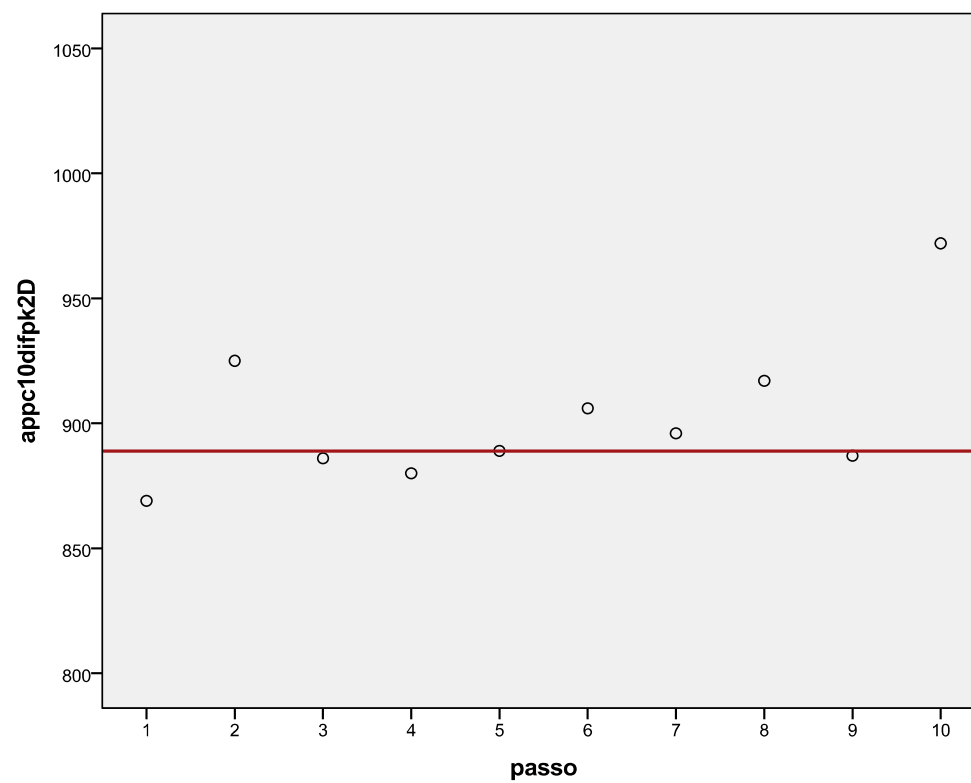


Membro inferior hemiparético (direito)

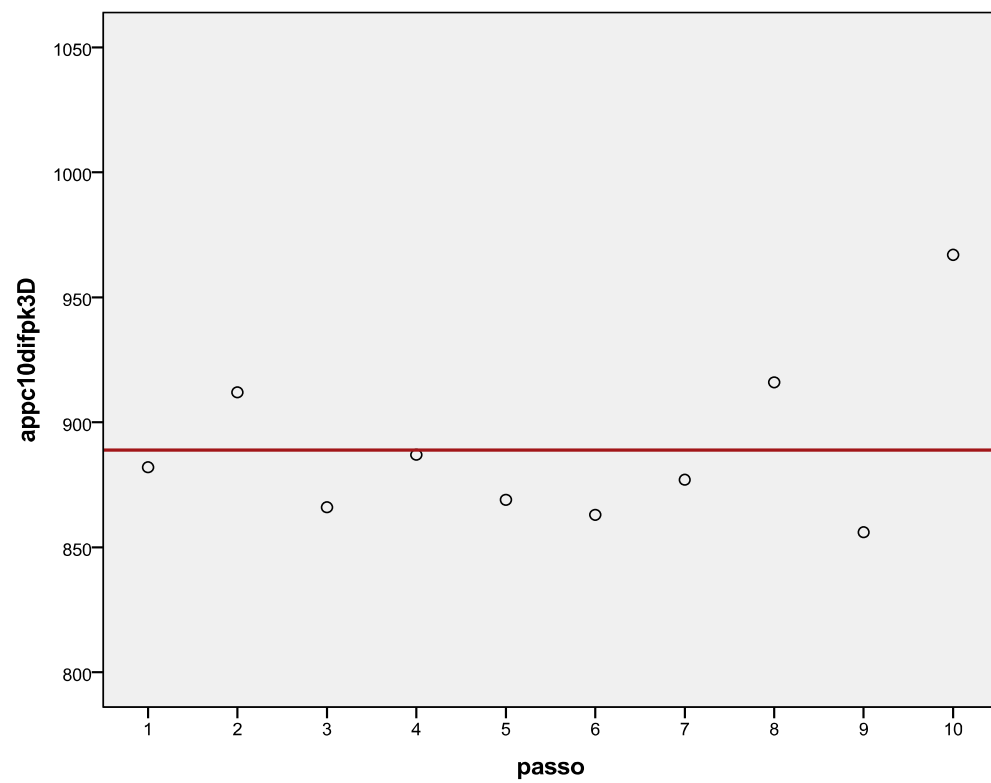
1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação



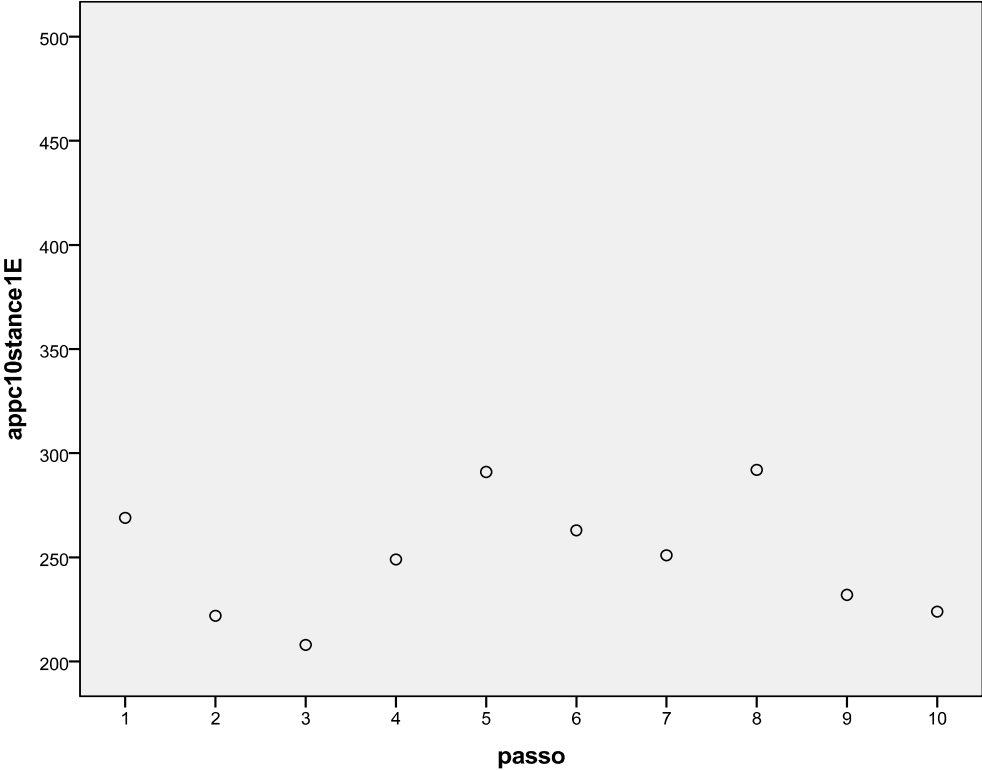
3º Momento de Avaliação



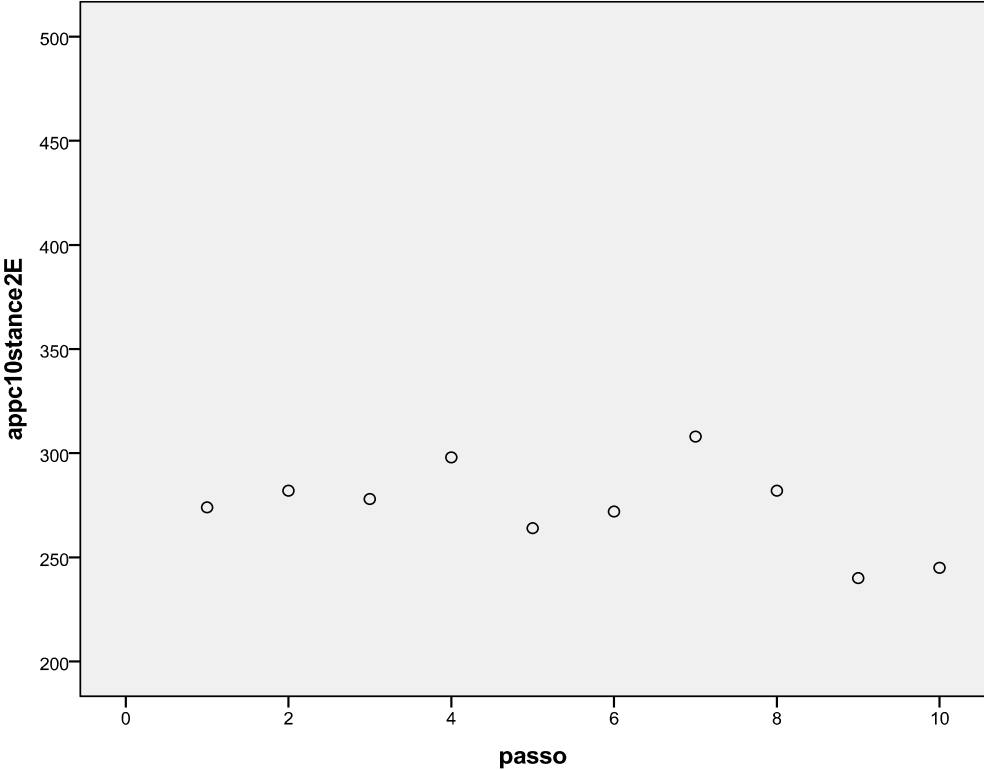
INDIVÍDUO G - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

Membro inferior não afectado (esquerdo)

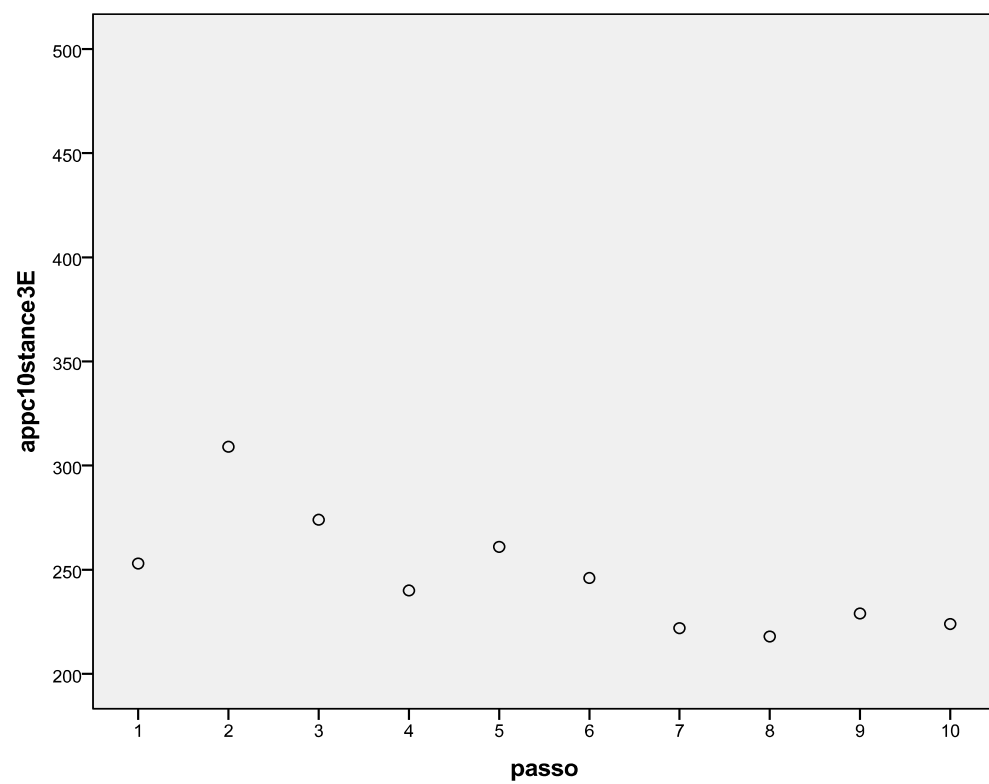
1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

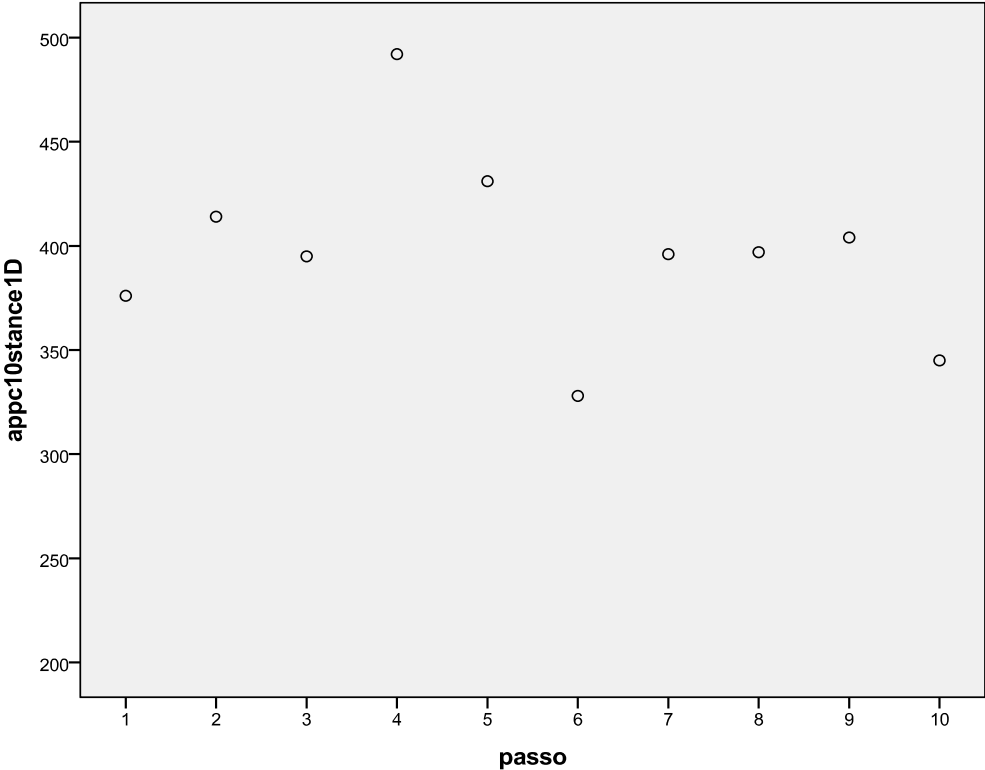


3º Momento de Avaliação

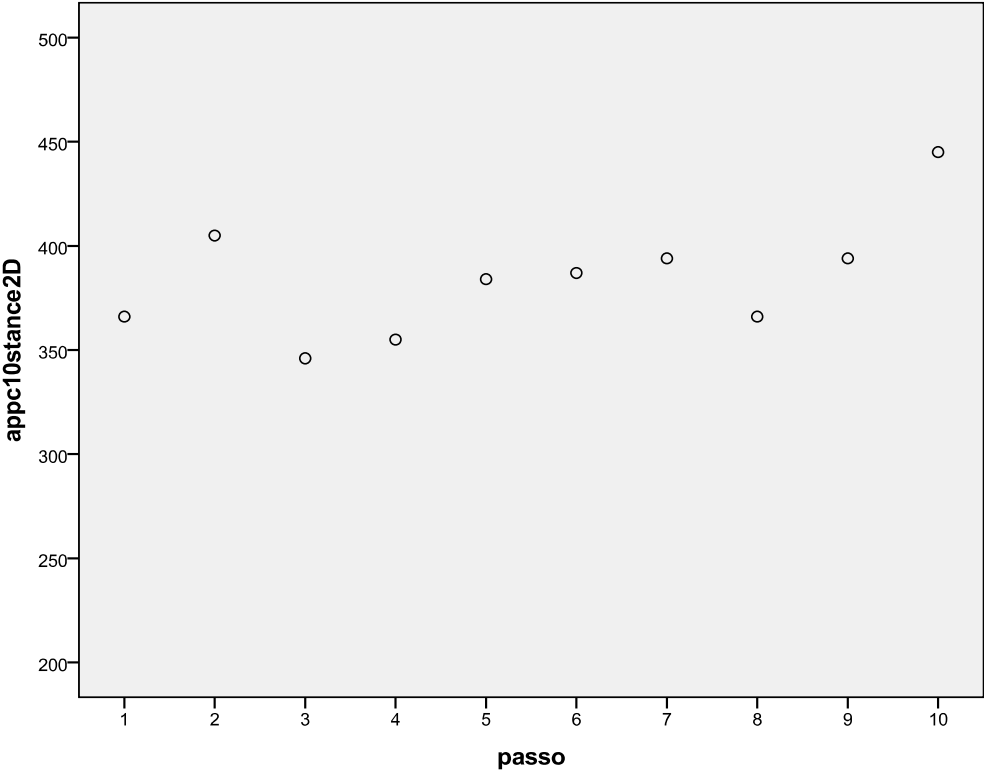


Membro inferior hemiparético (direito)

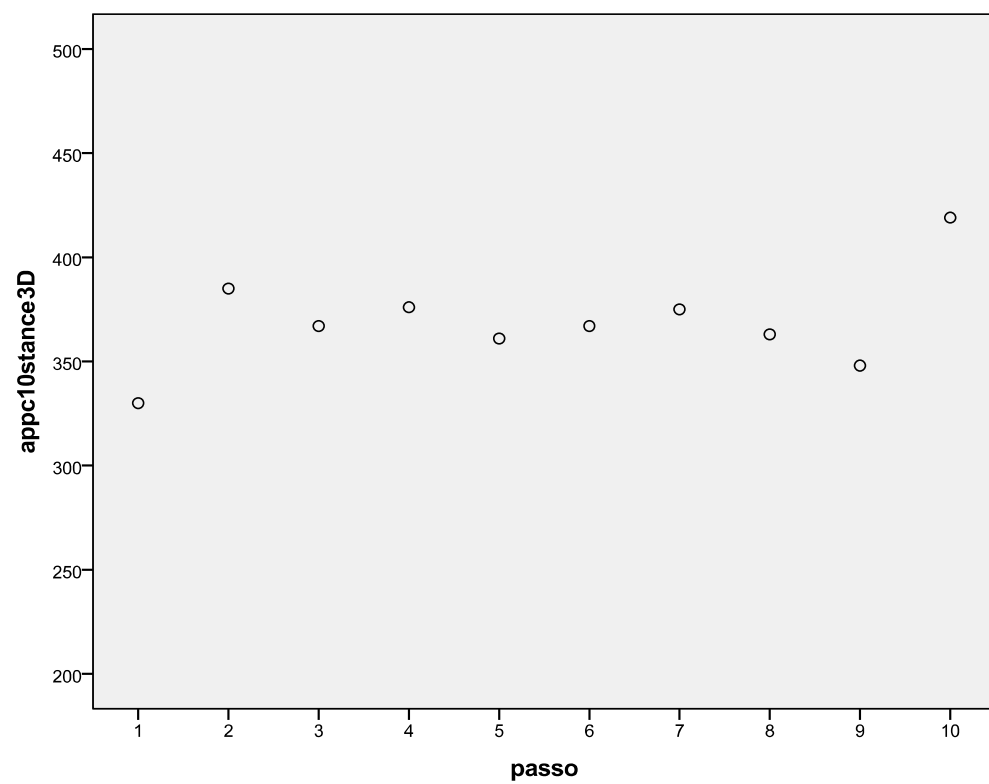
1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação



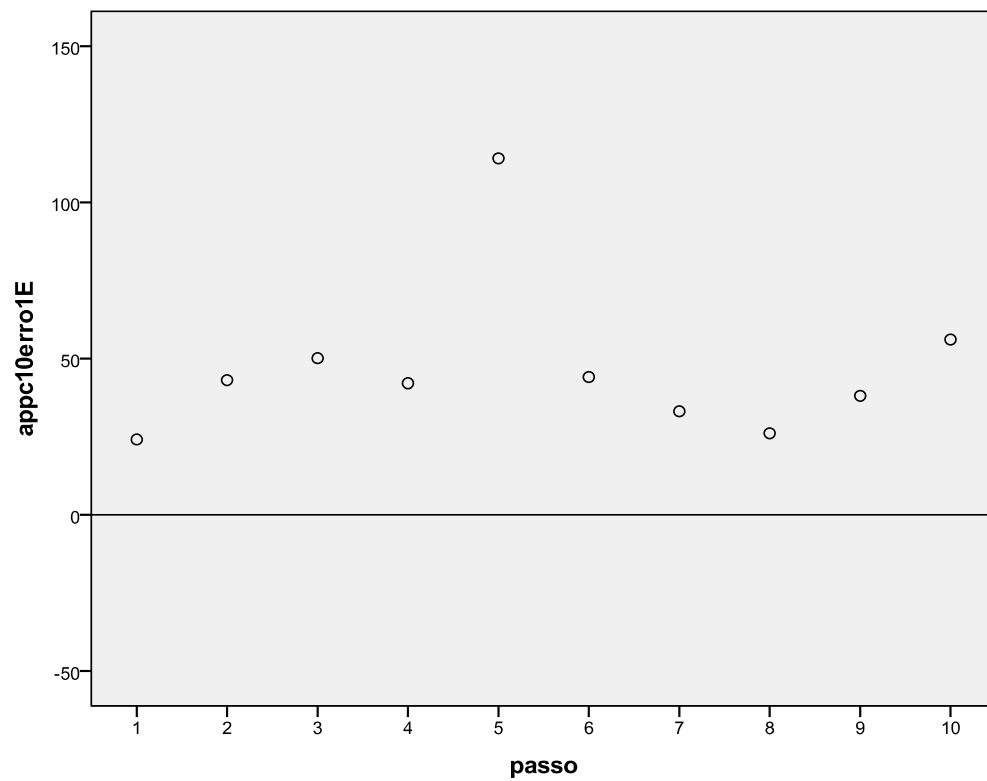
3º Momento de Avaliação



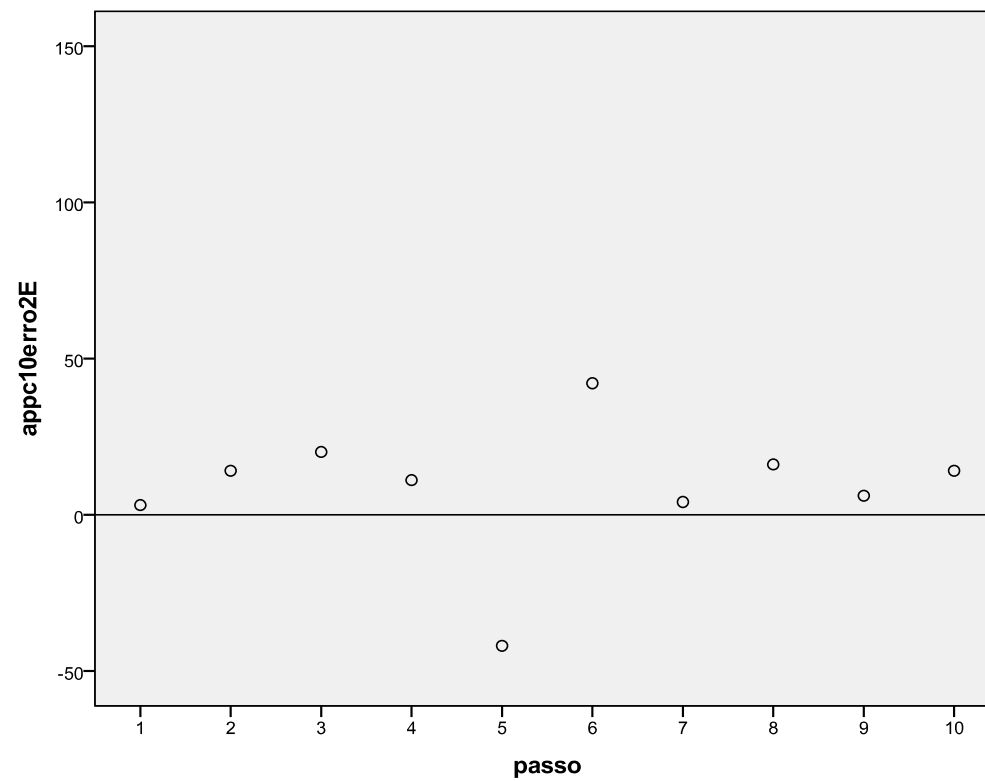
INDIVÍDUO G - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

Membro inferior não afectado (esquerdo)

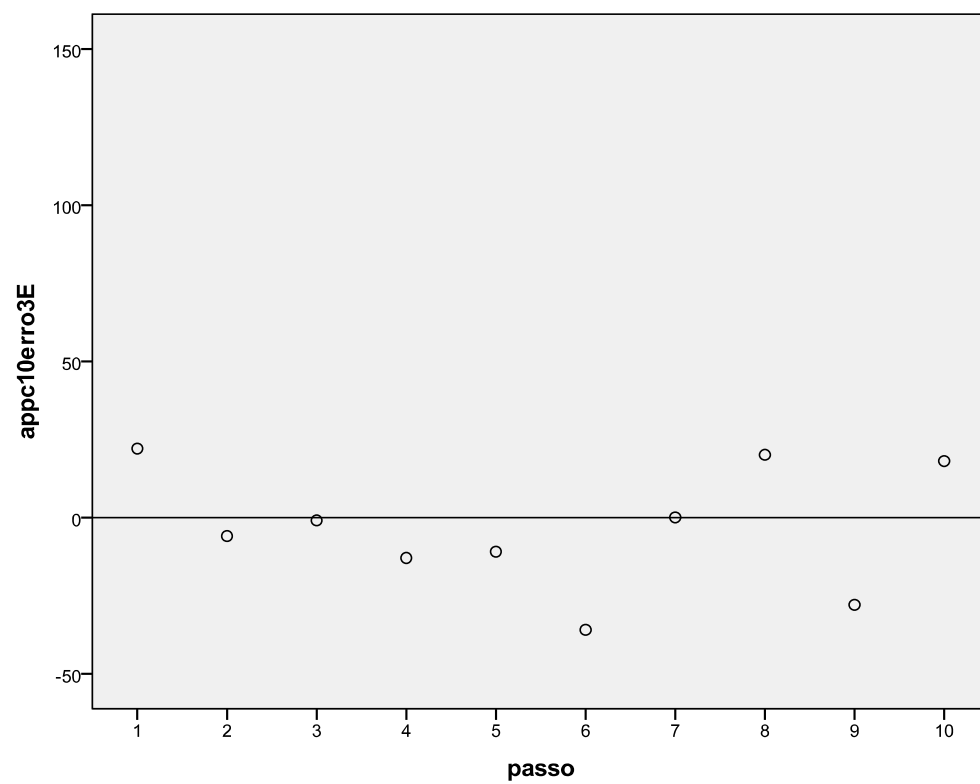
1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

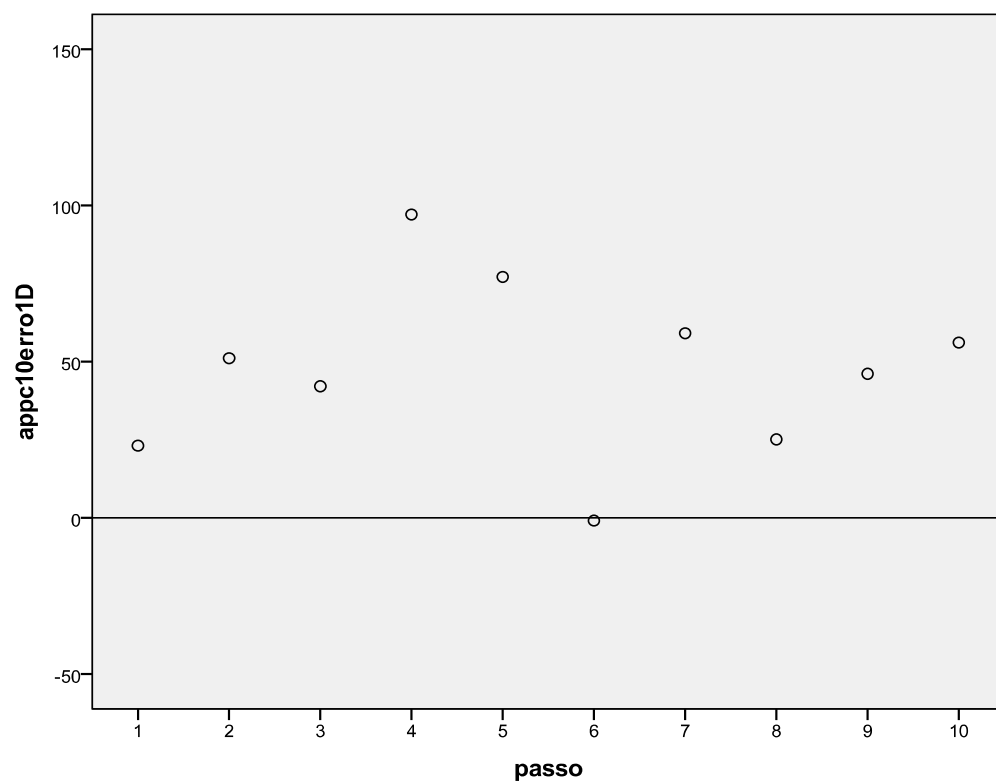


3º Momento de Avaliação

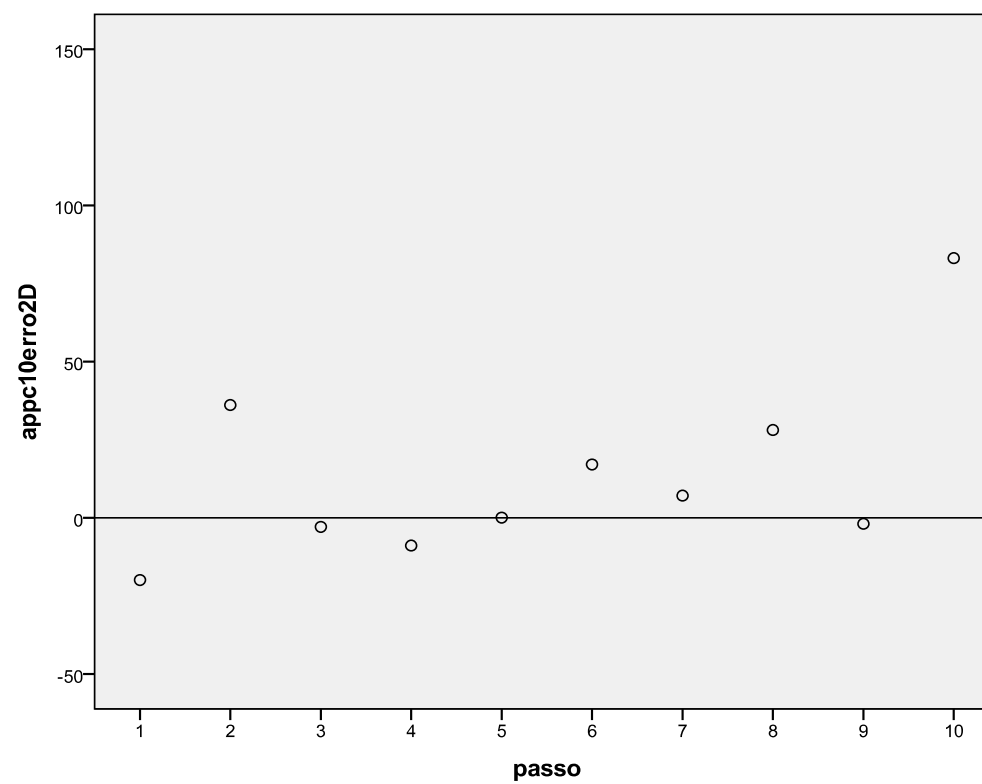


Membro inferior hemiparético (direito)

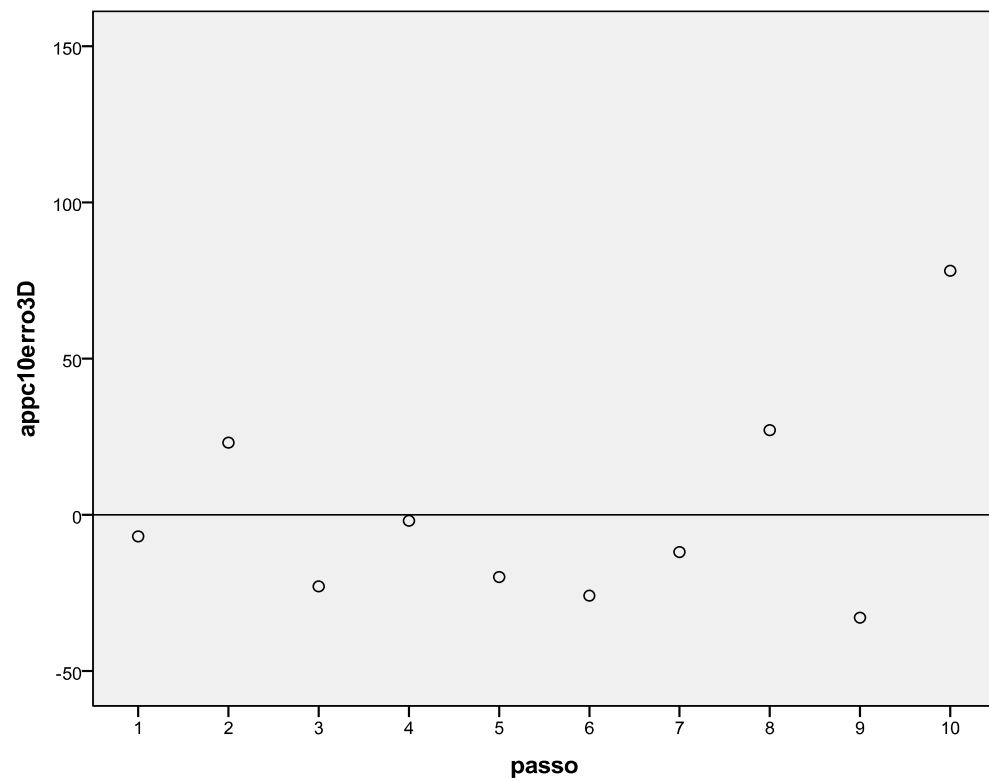
1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação



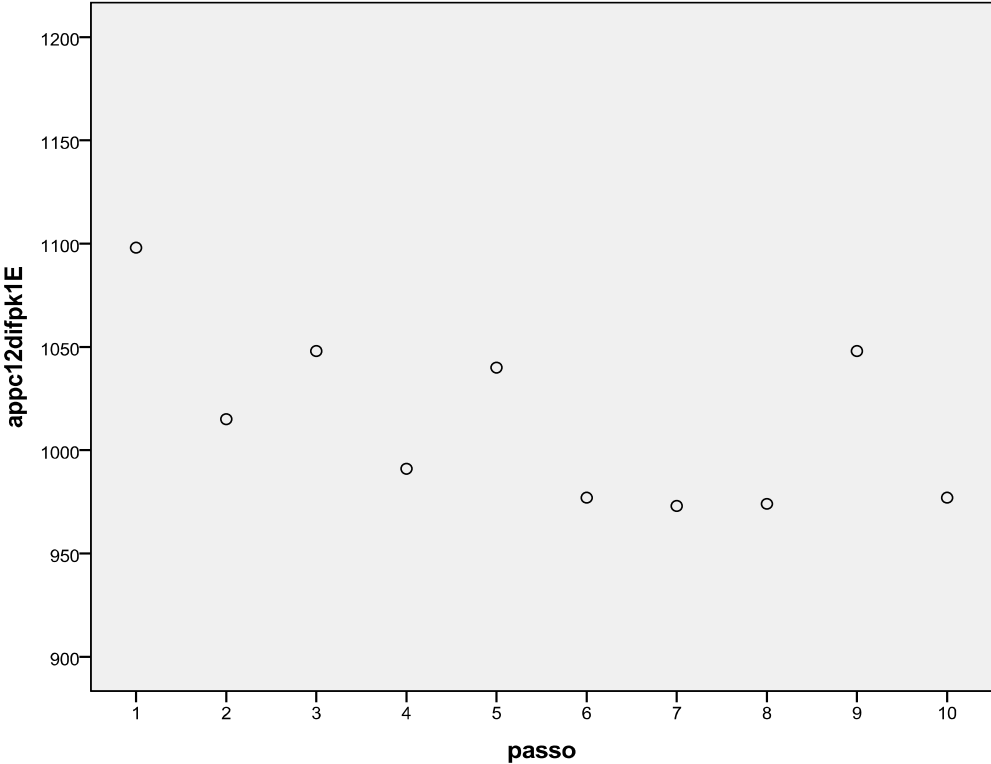
3º Momento de Avaliação



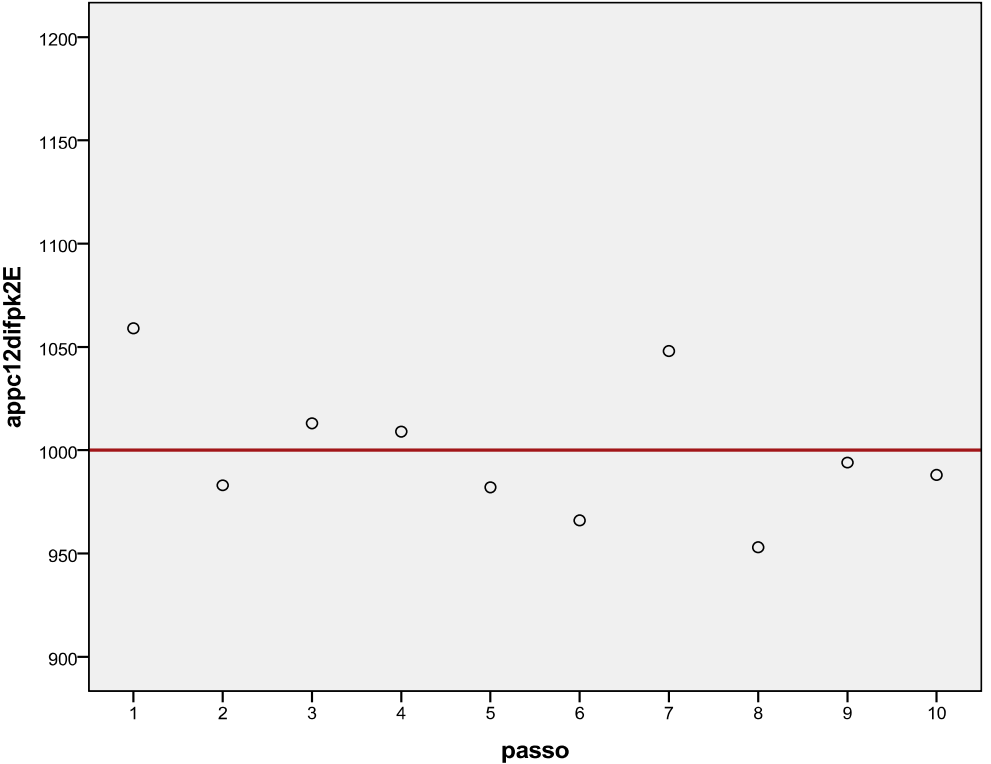
INDIVÍDUO H - DURAÇÃO DO PASSO

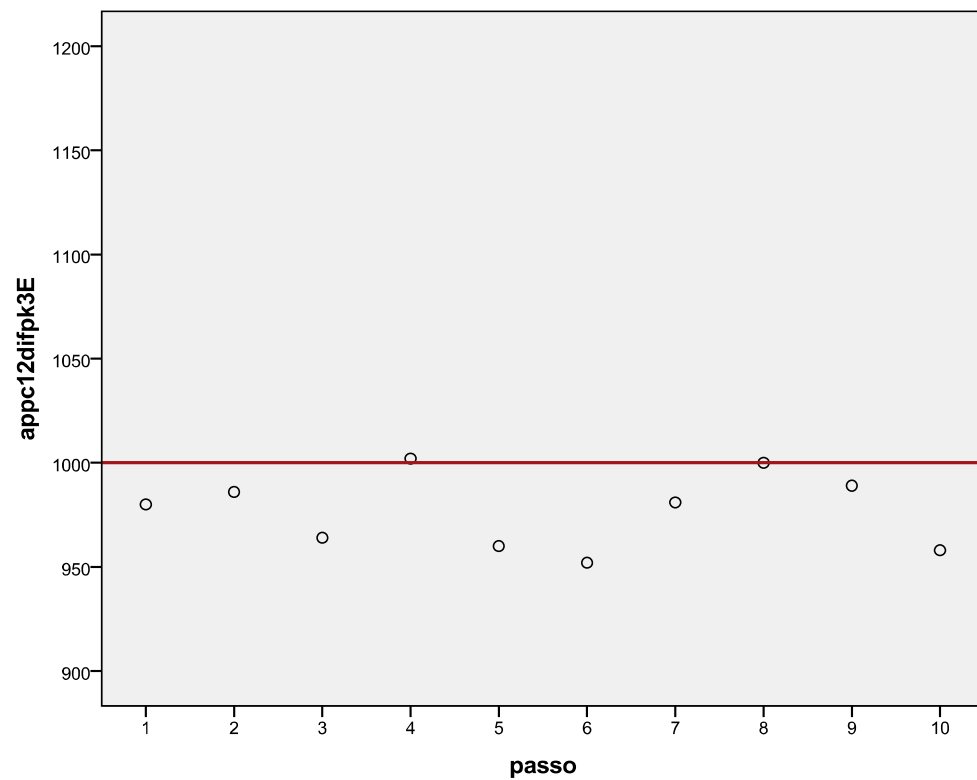
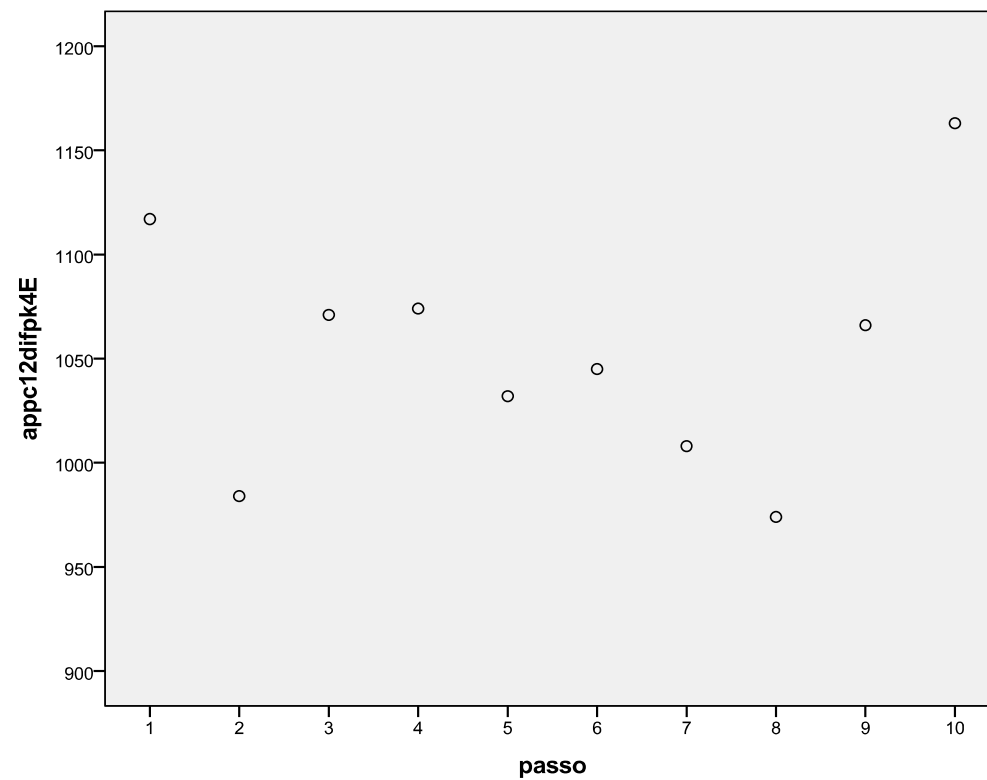
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



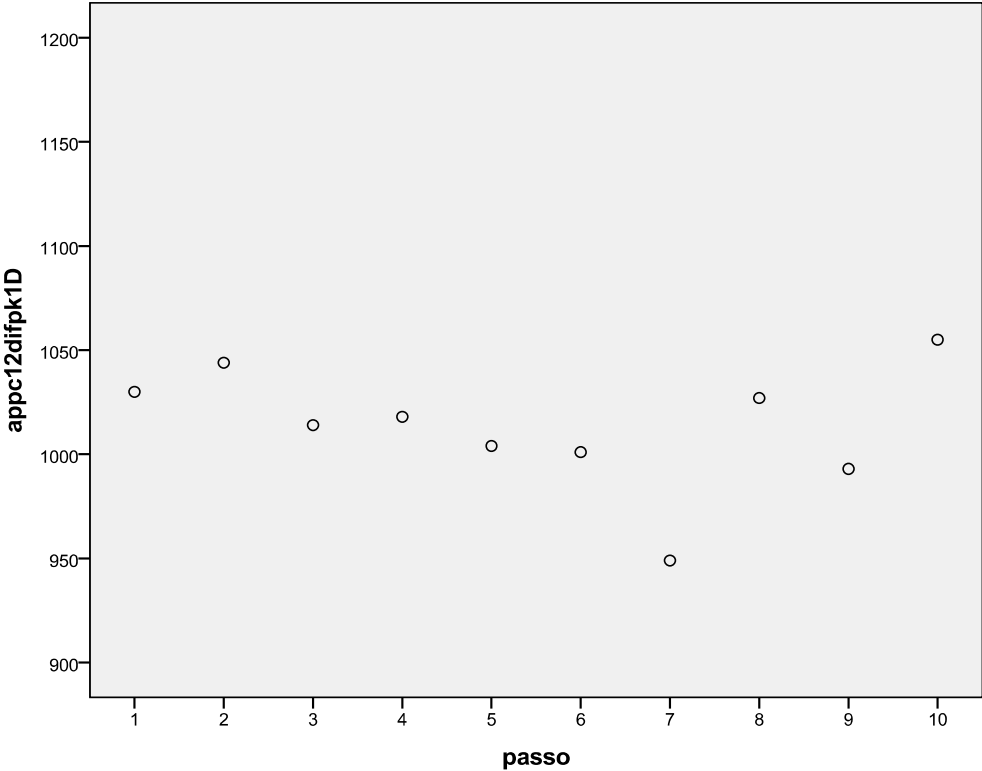
2º Momento da Avaliação



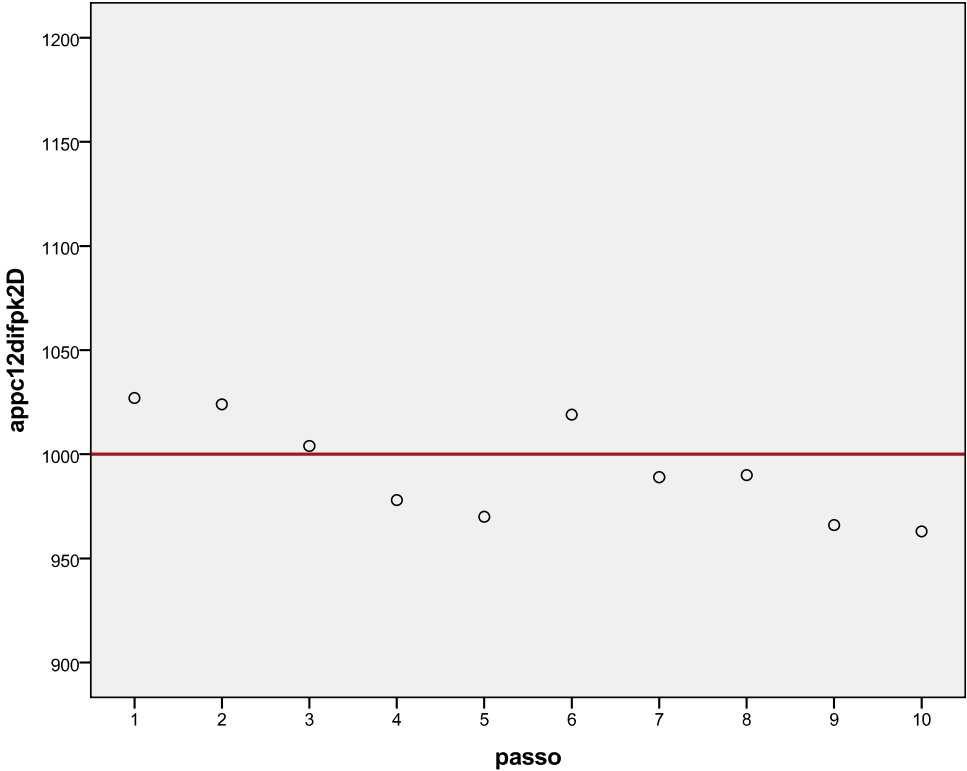
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

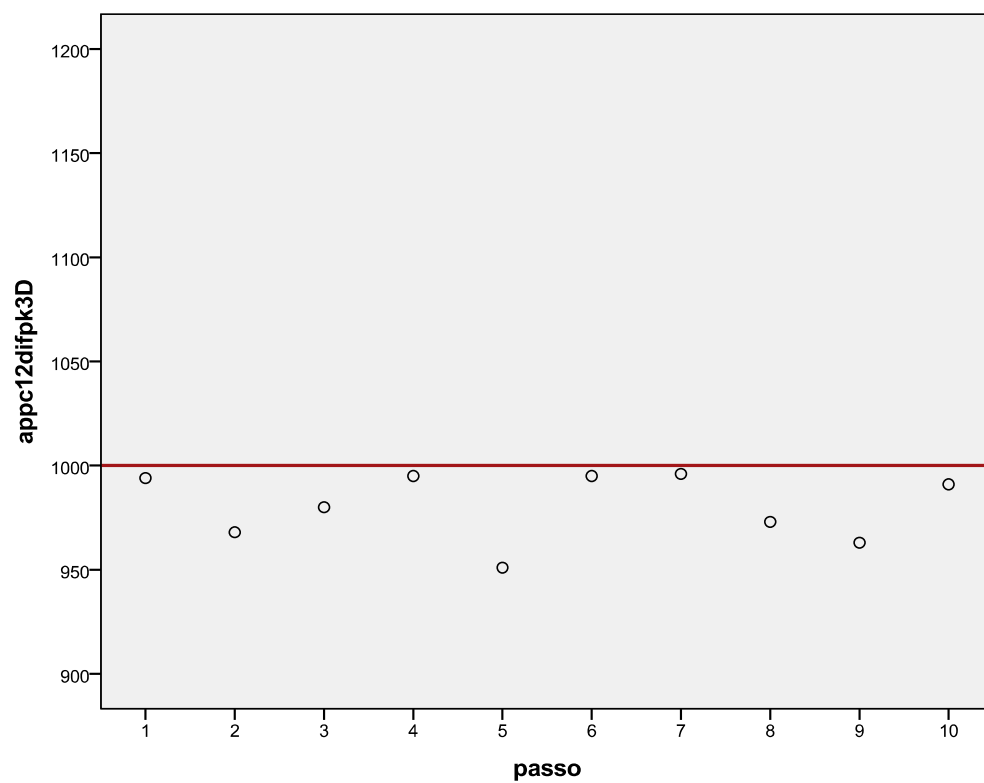
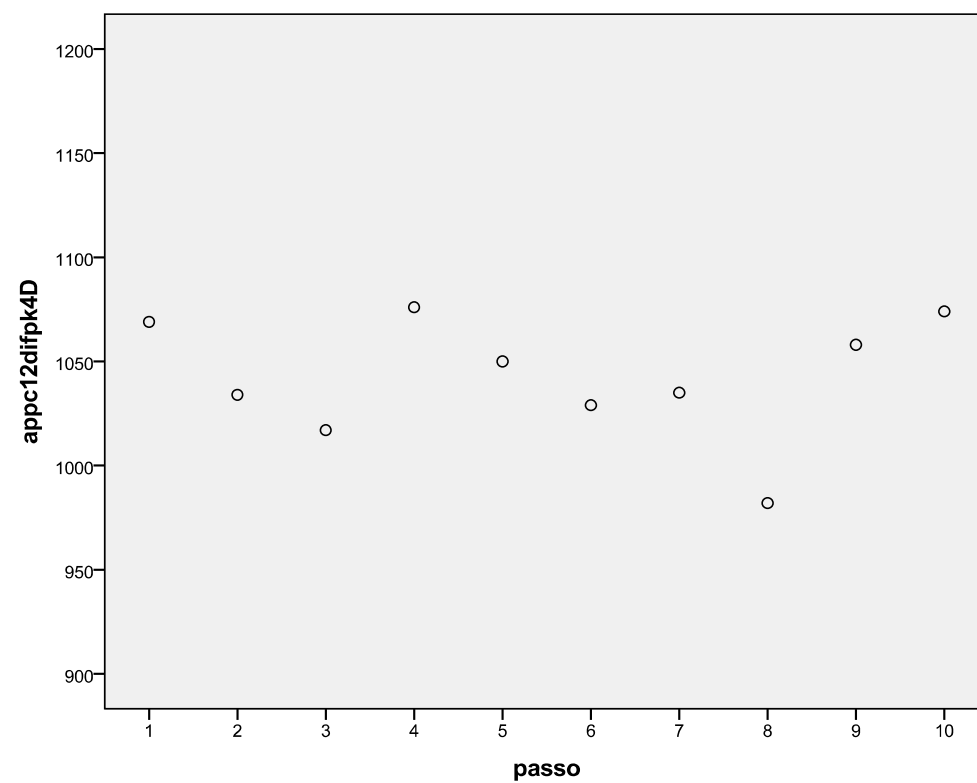
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

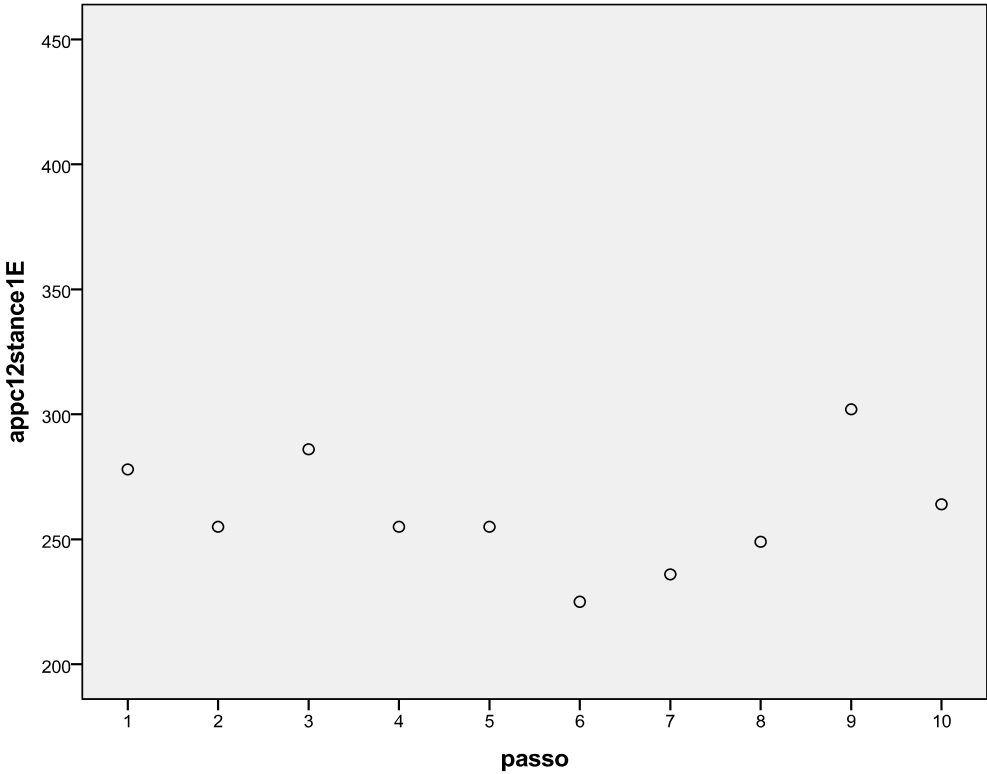


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

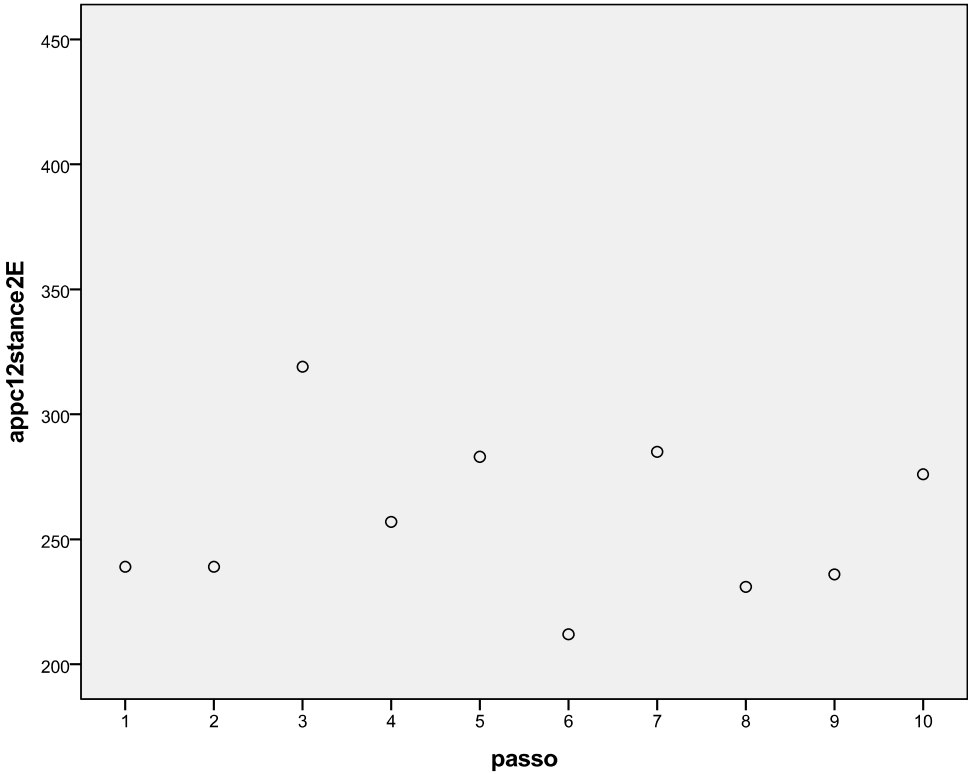
INDIVÍDUO H - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

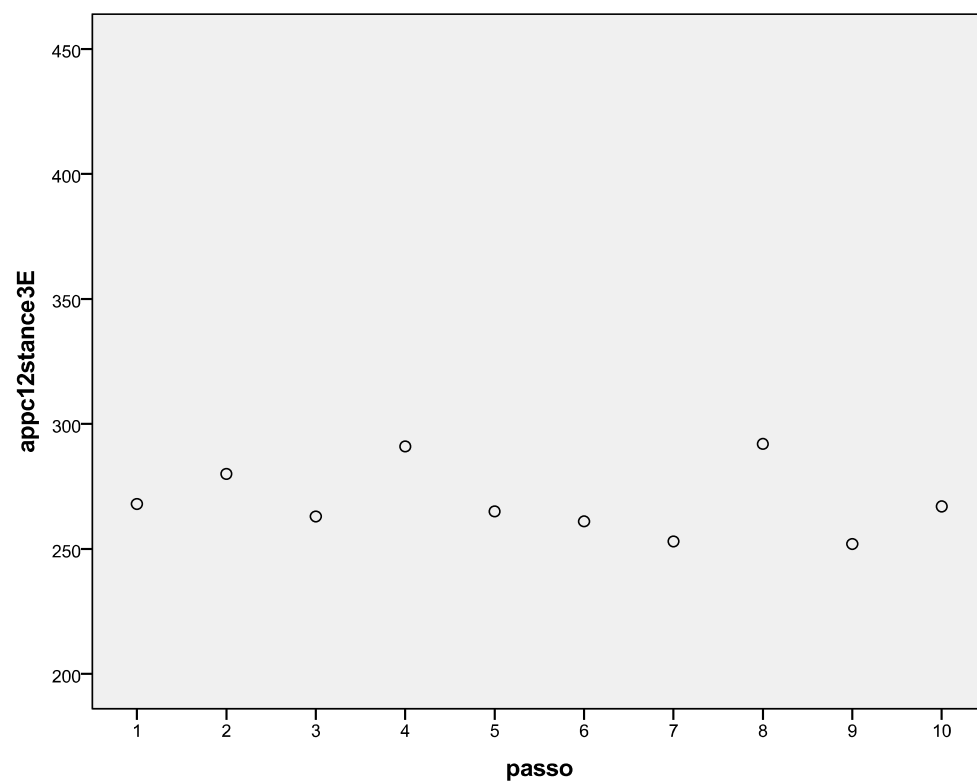
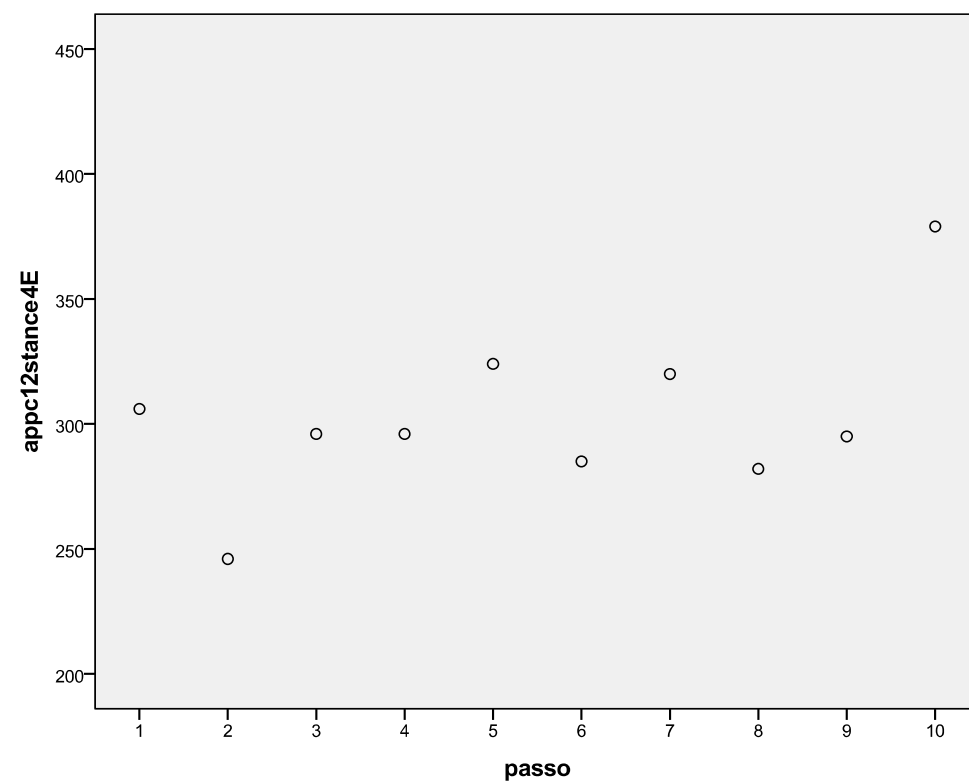
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



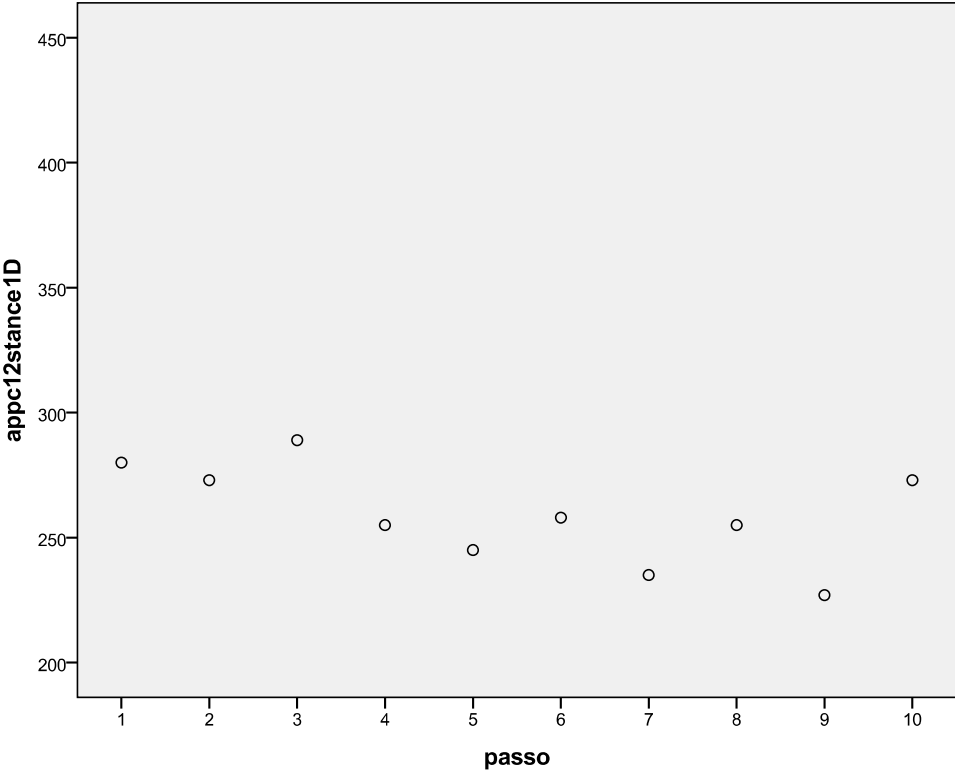
2º Momento da Avaliação



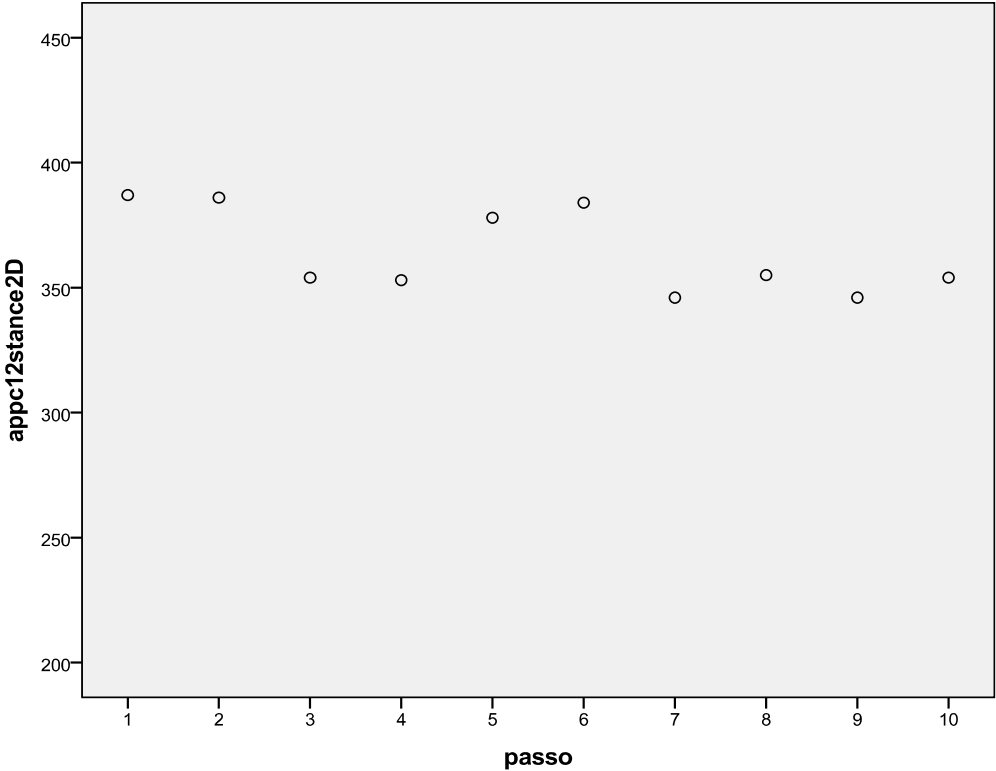
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

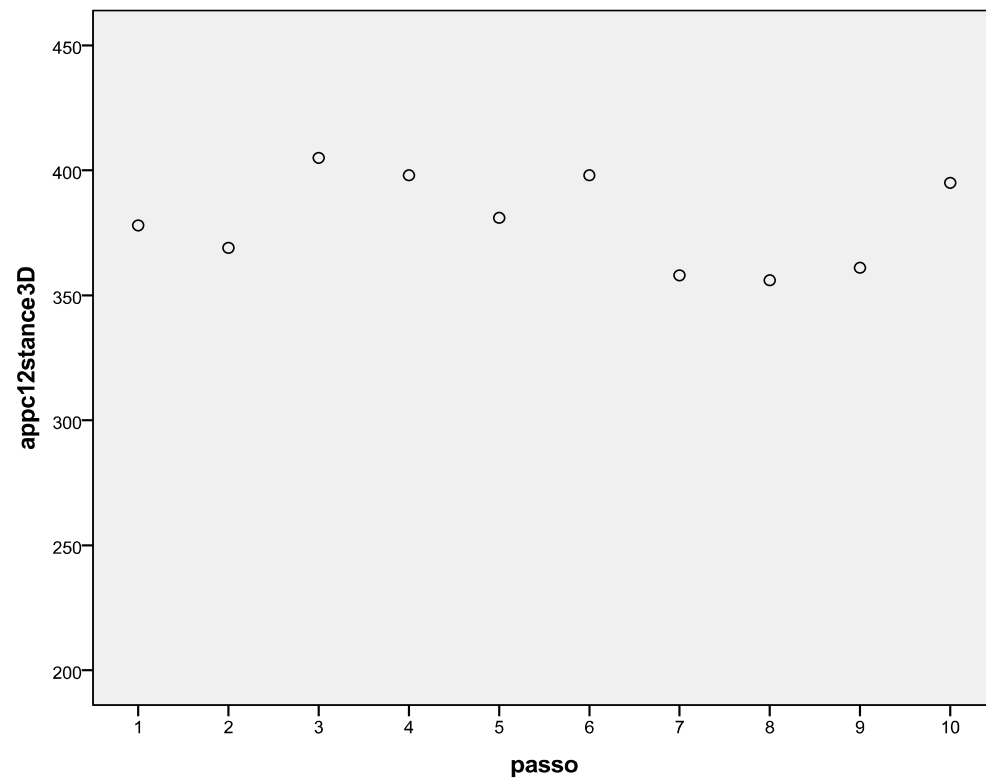
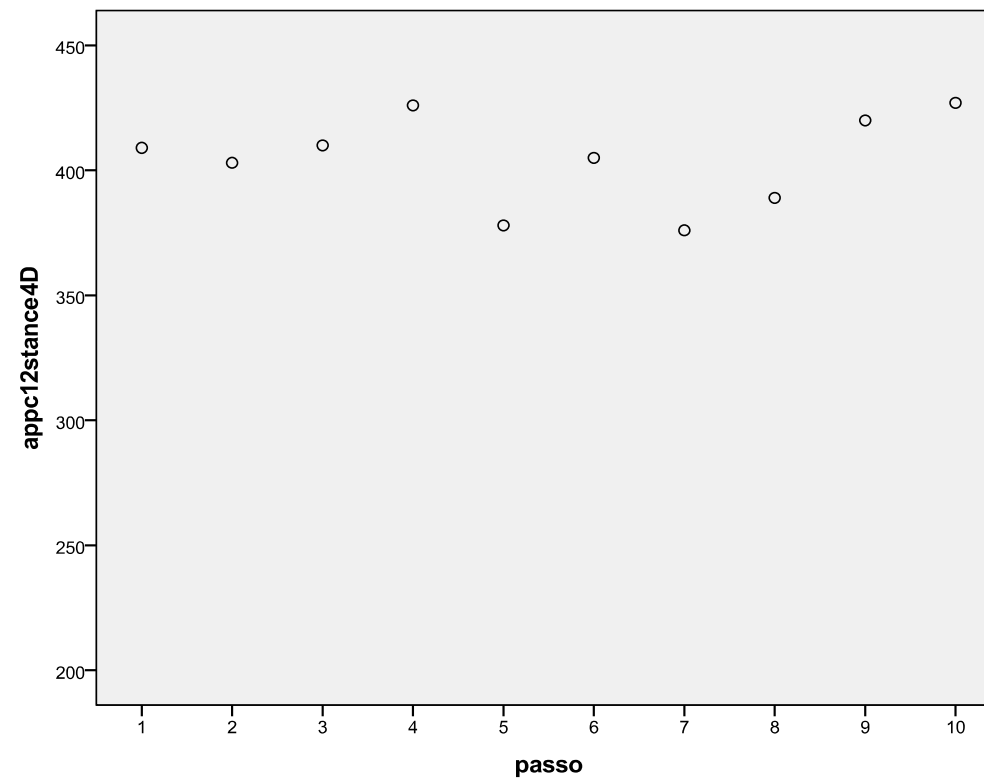
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

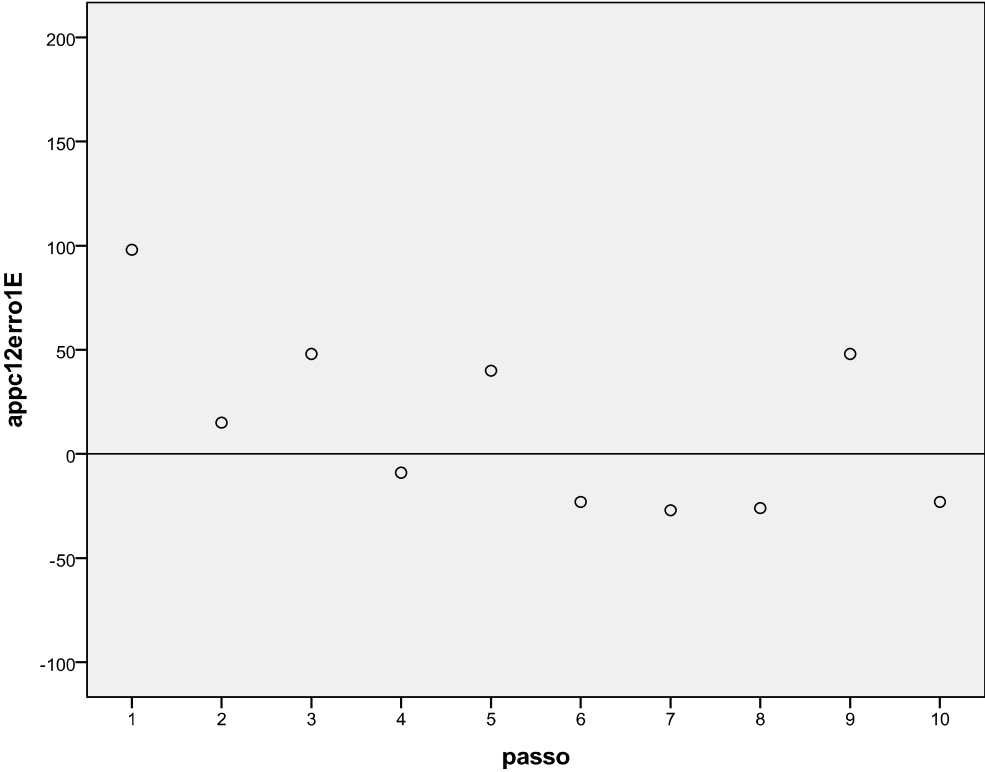


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

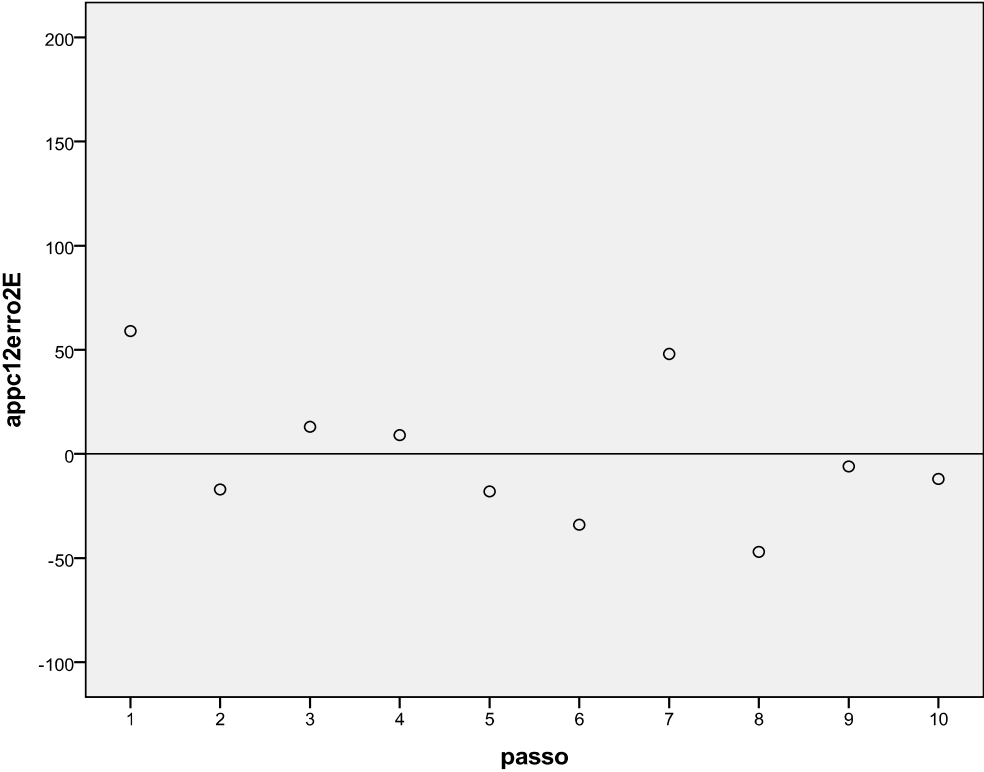
INDIVÍDUO H - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

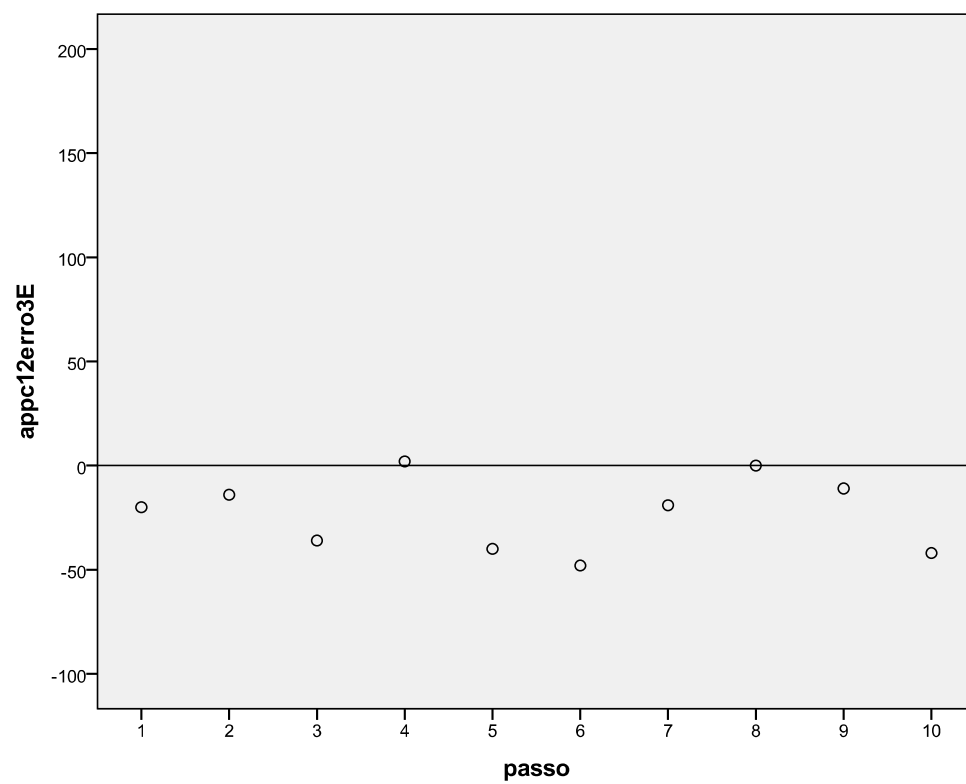
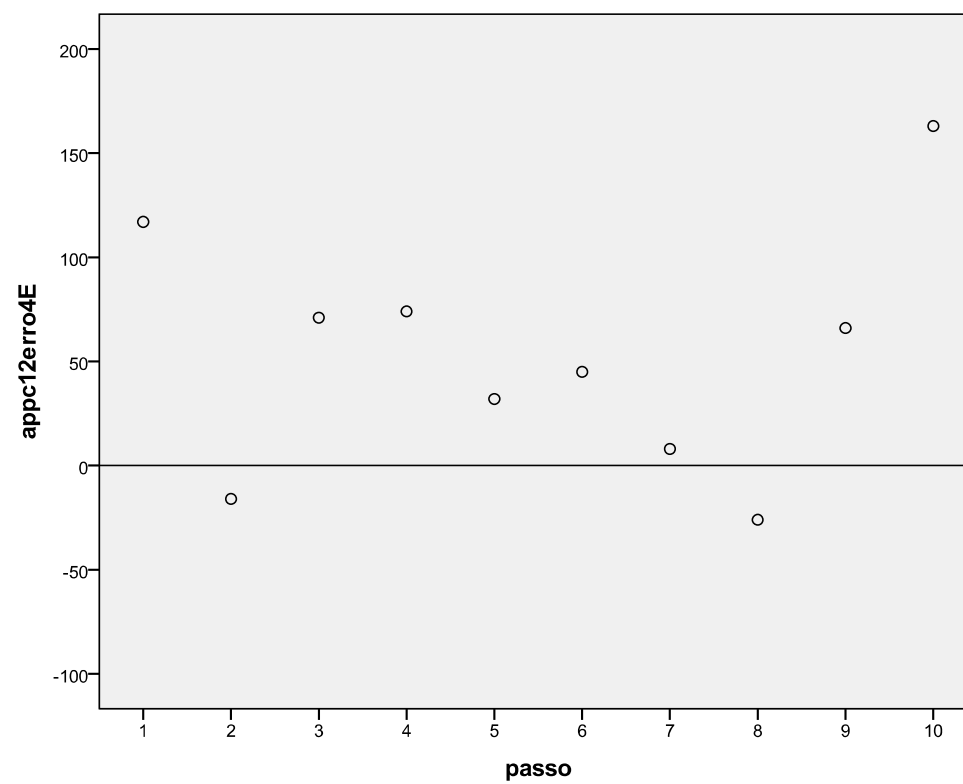
Membro inferior não afectado (esquerdo)

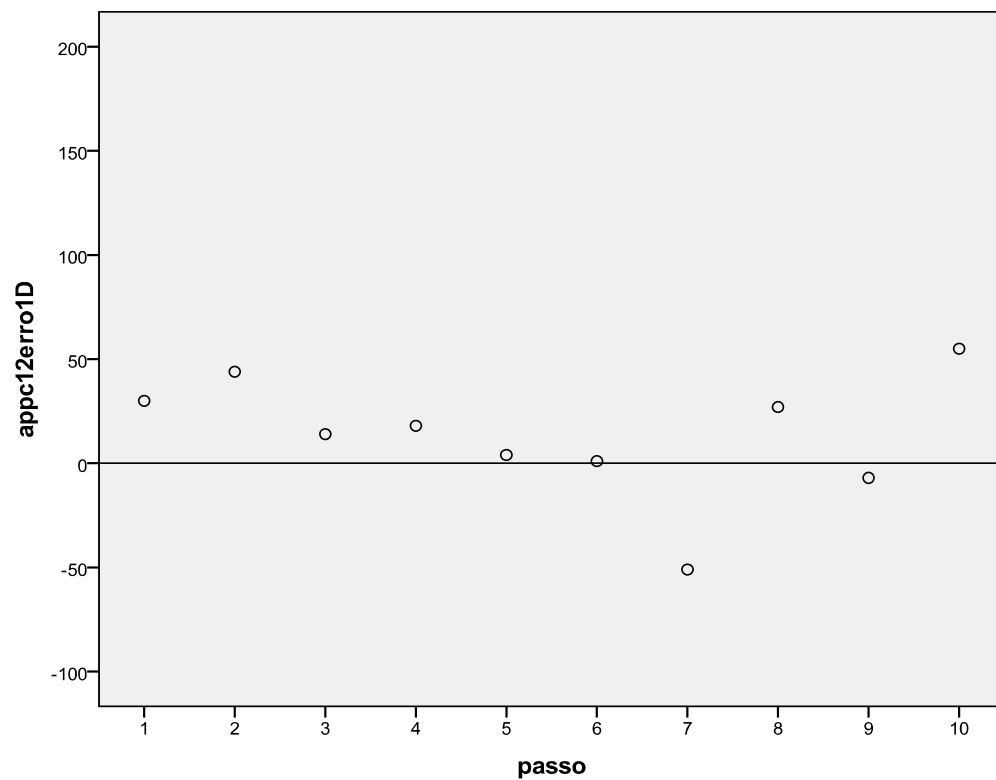
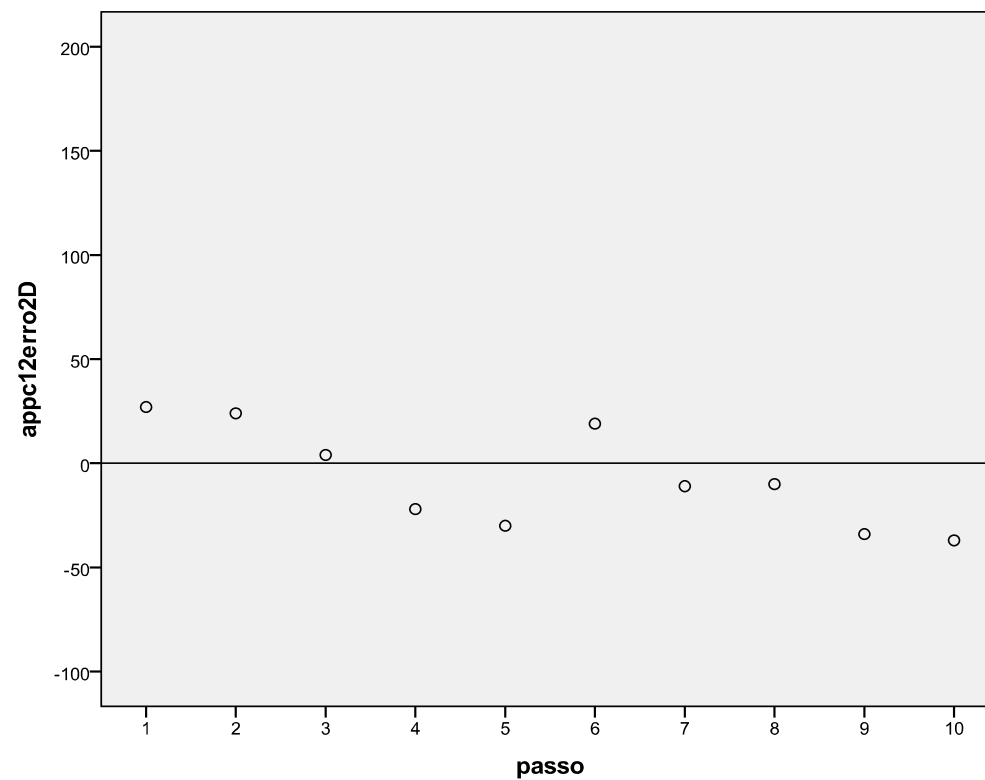
1º Momento de Avaliação

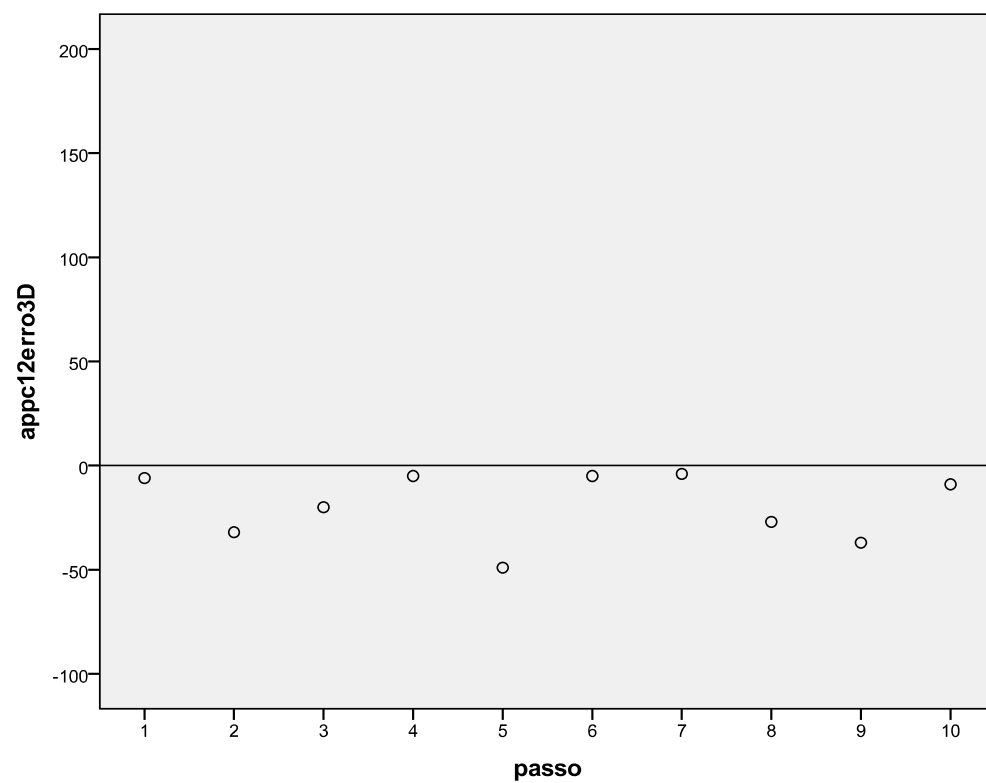
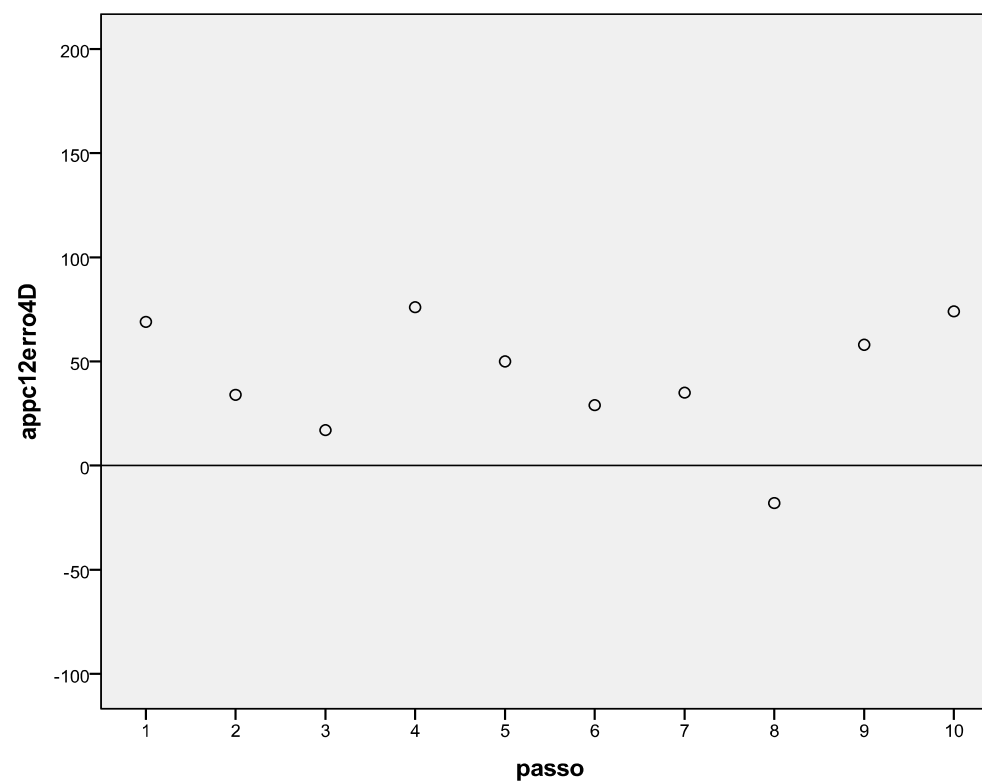


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

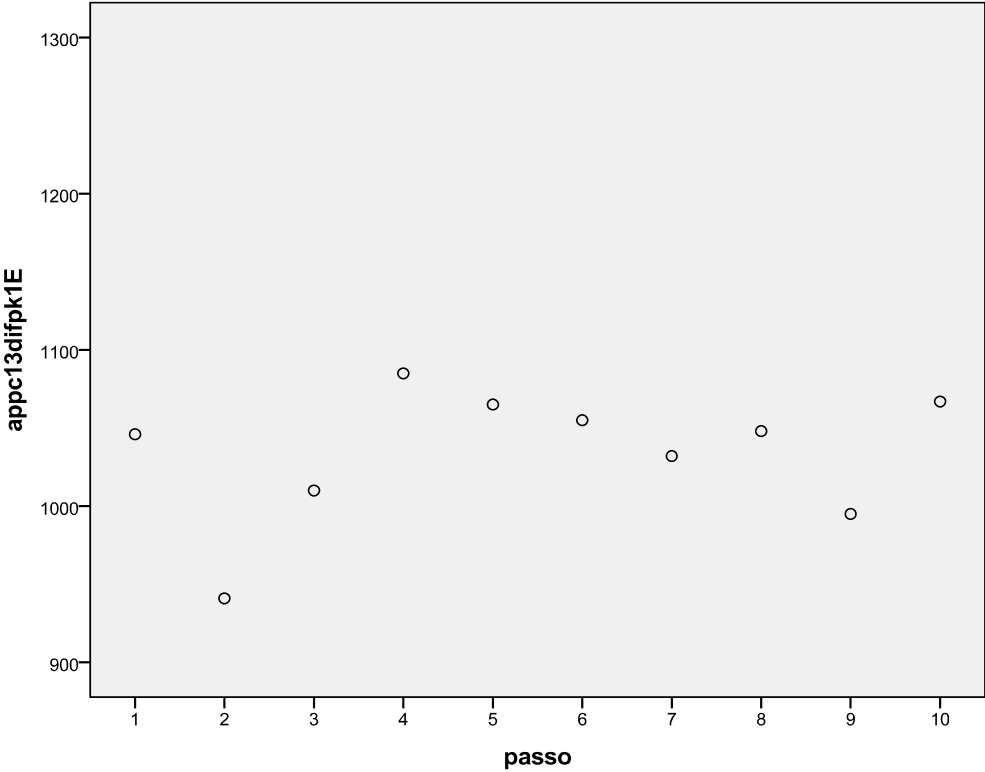
Membro inferior hemiparético (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

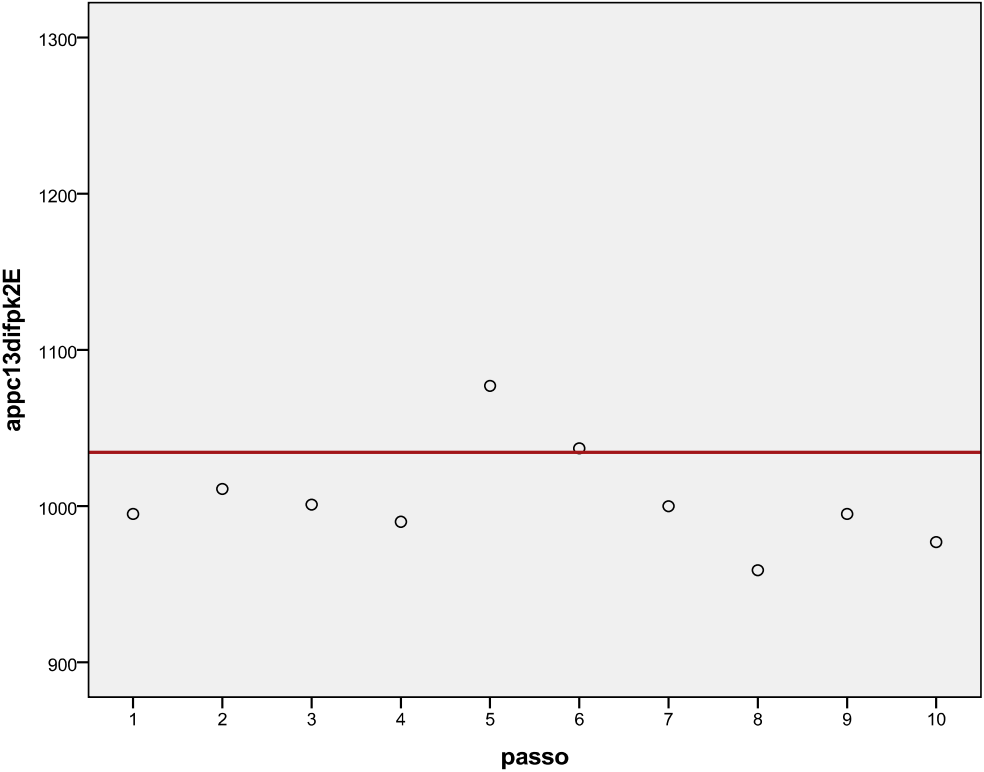
INDIVÍDUO I - DURAÇÃO DO PASSO

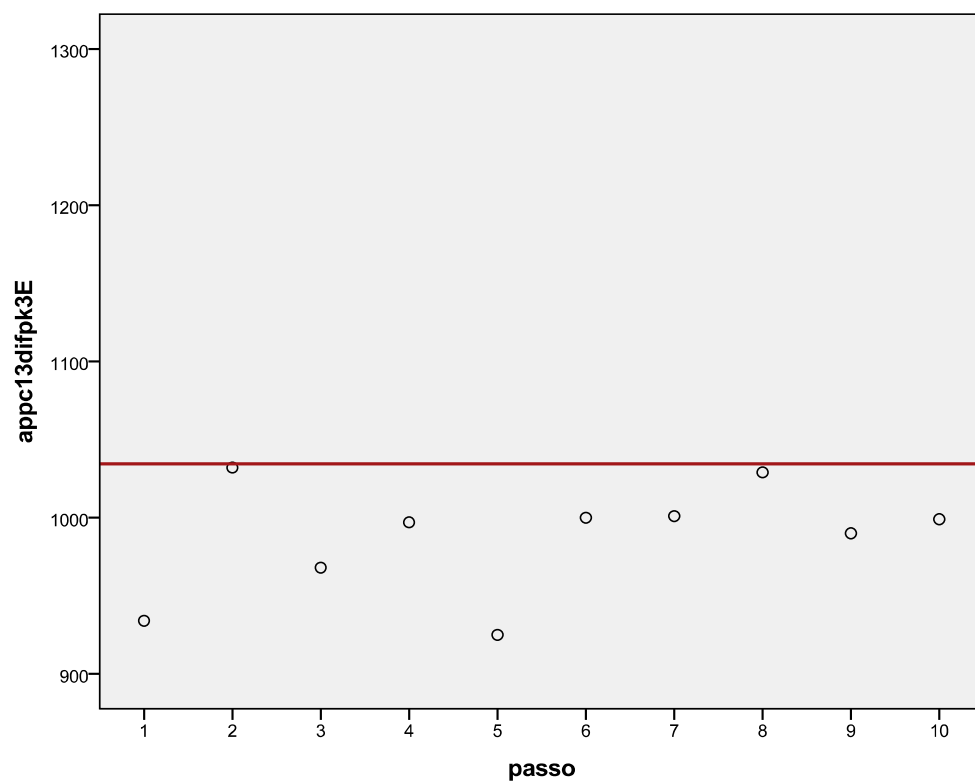
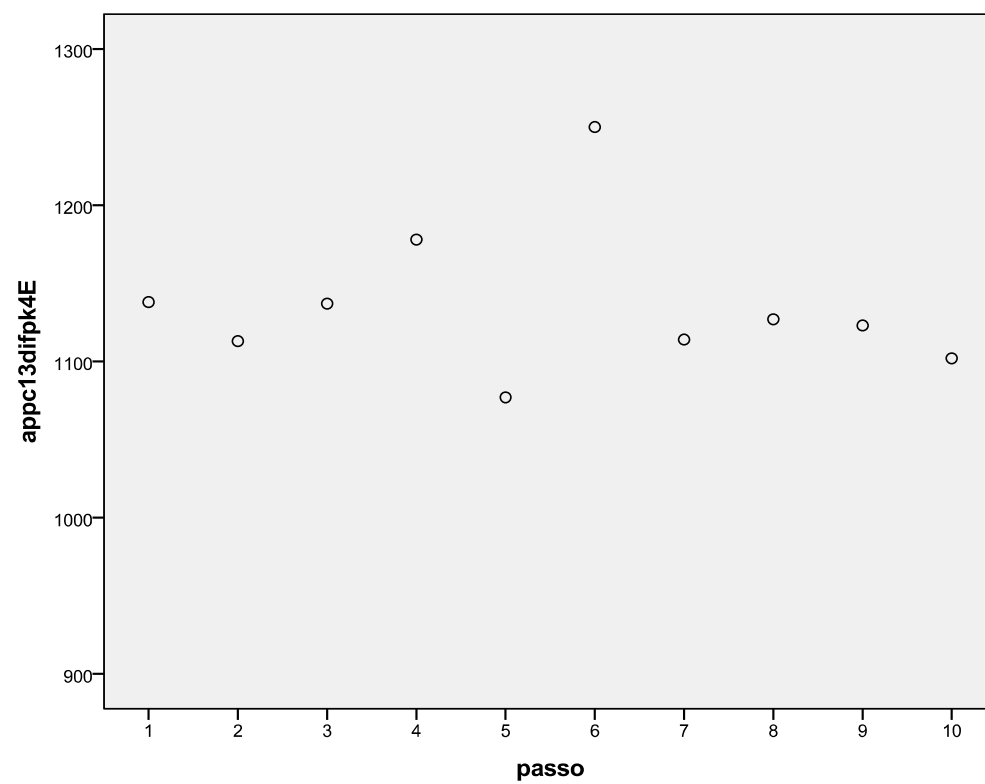
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



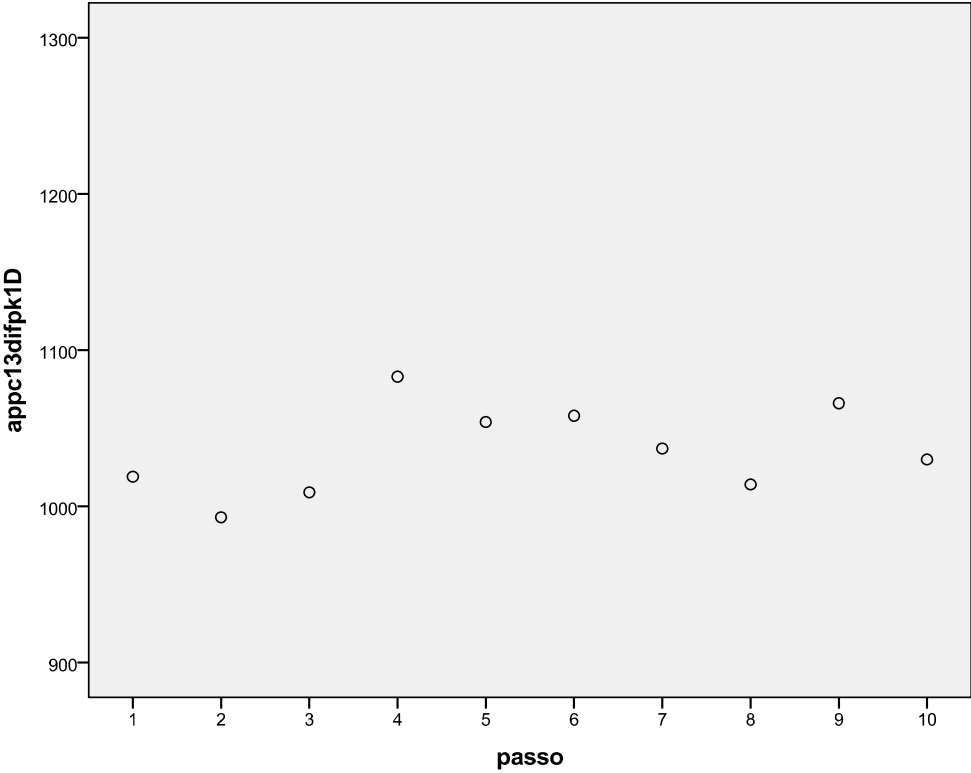
2º Momento da Avaliação



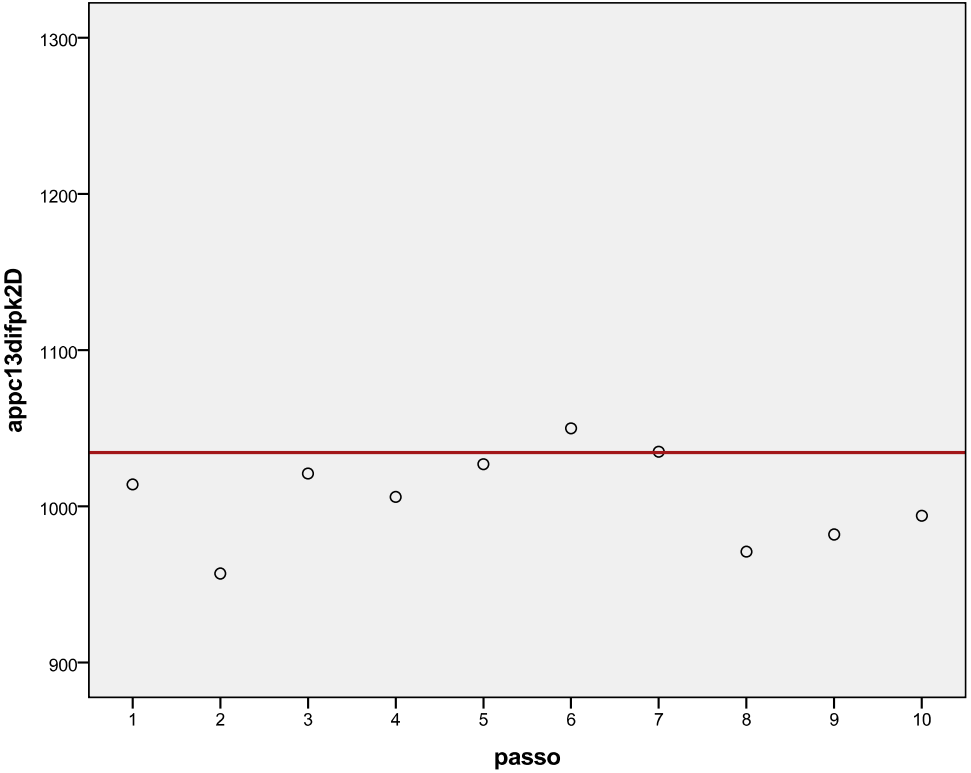
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

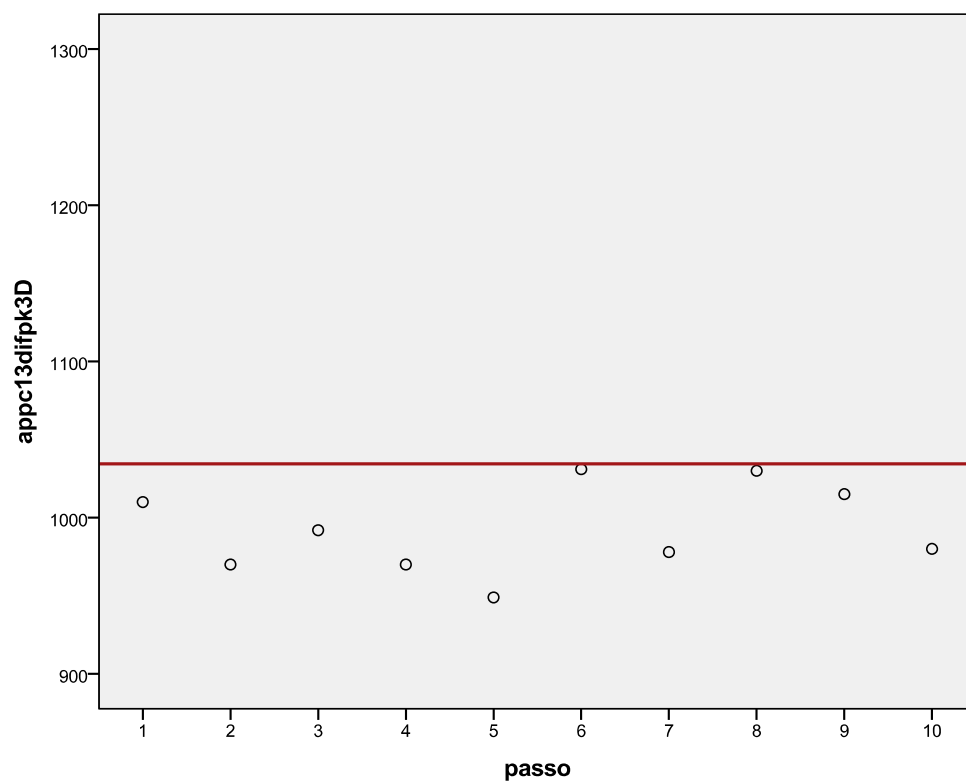
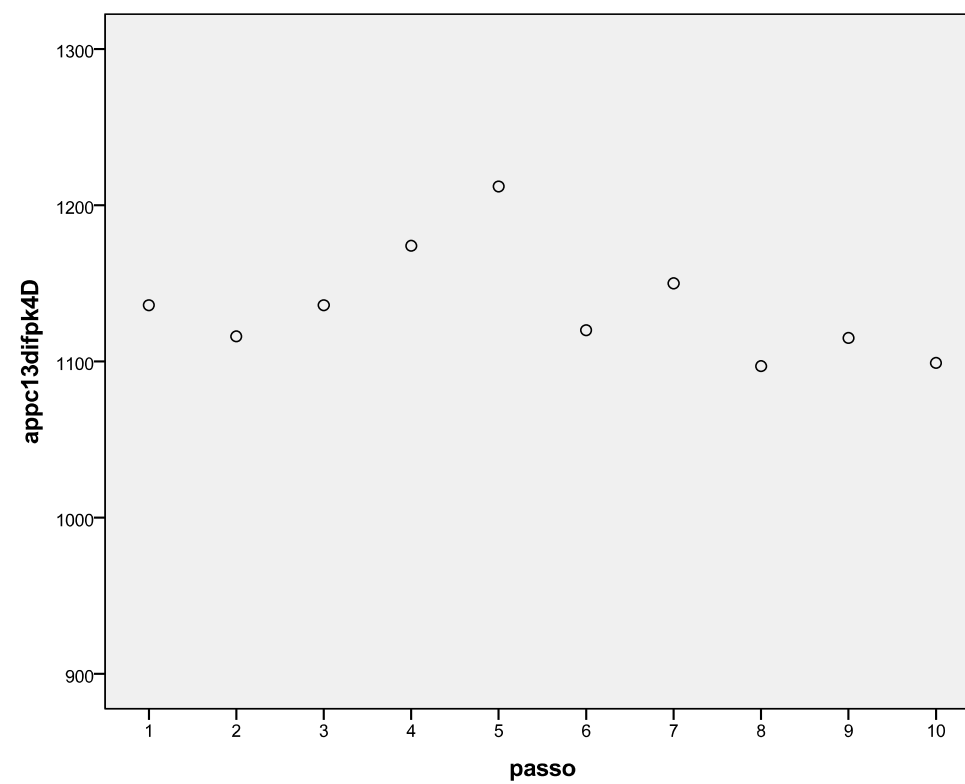
Membro inferior hemiparético (direito)

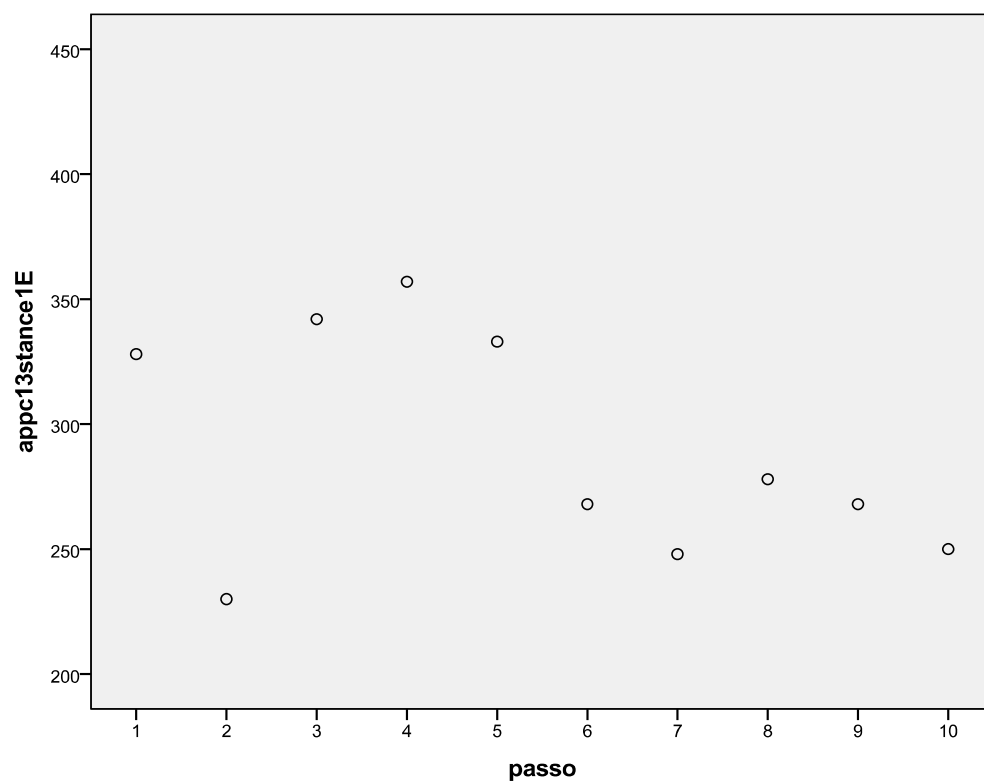
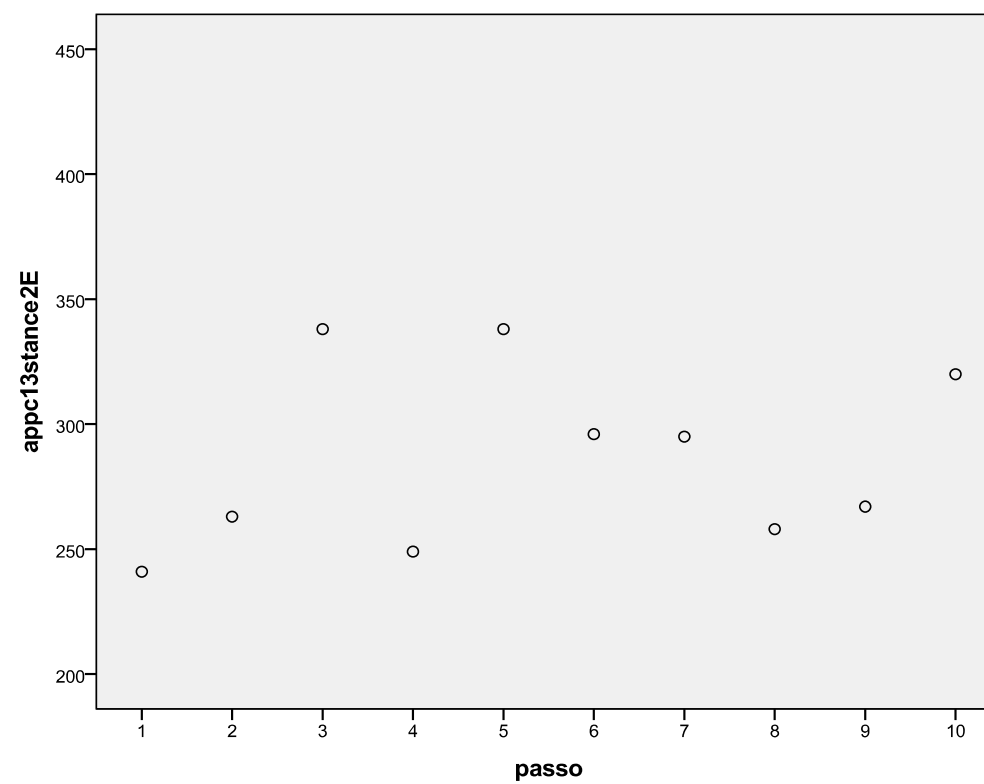
1º Momento de Avaliação

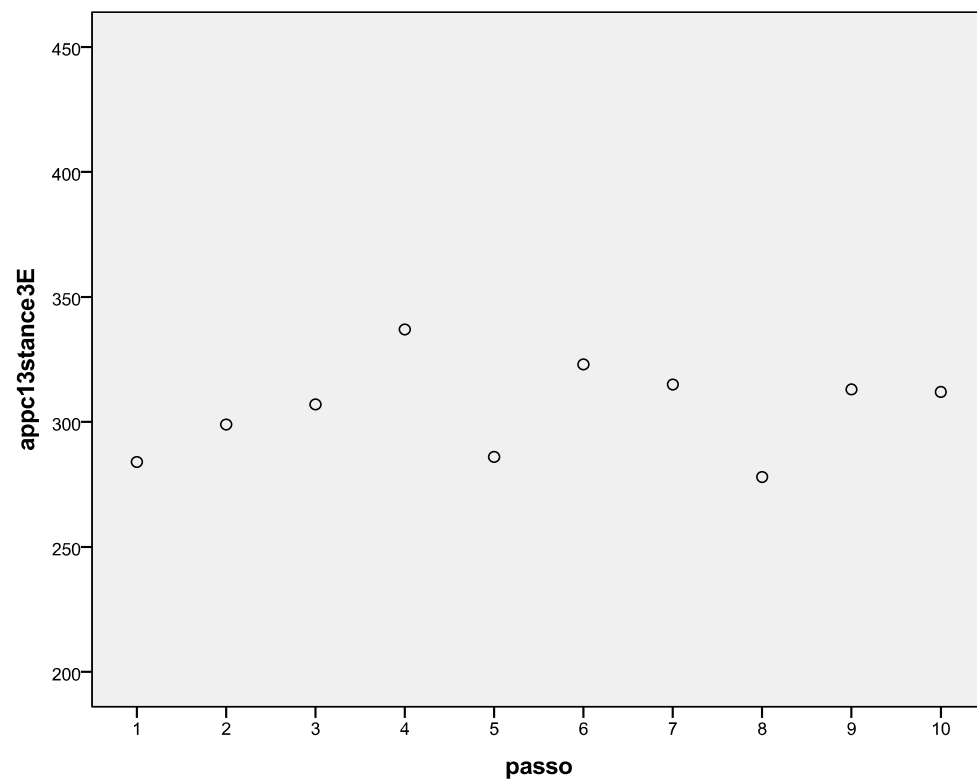
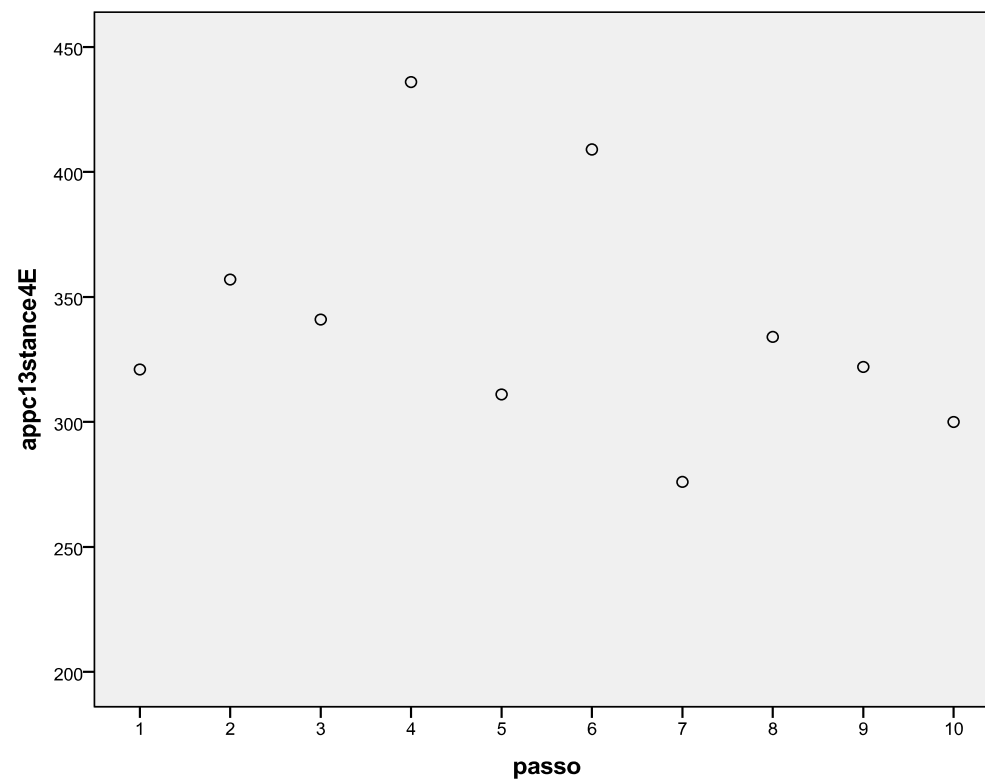


2º Momento da Avaliação



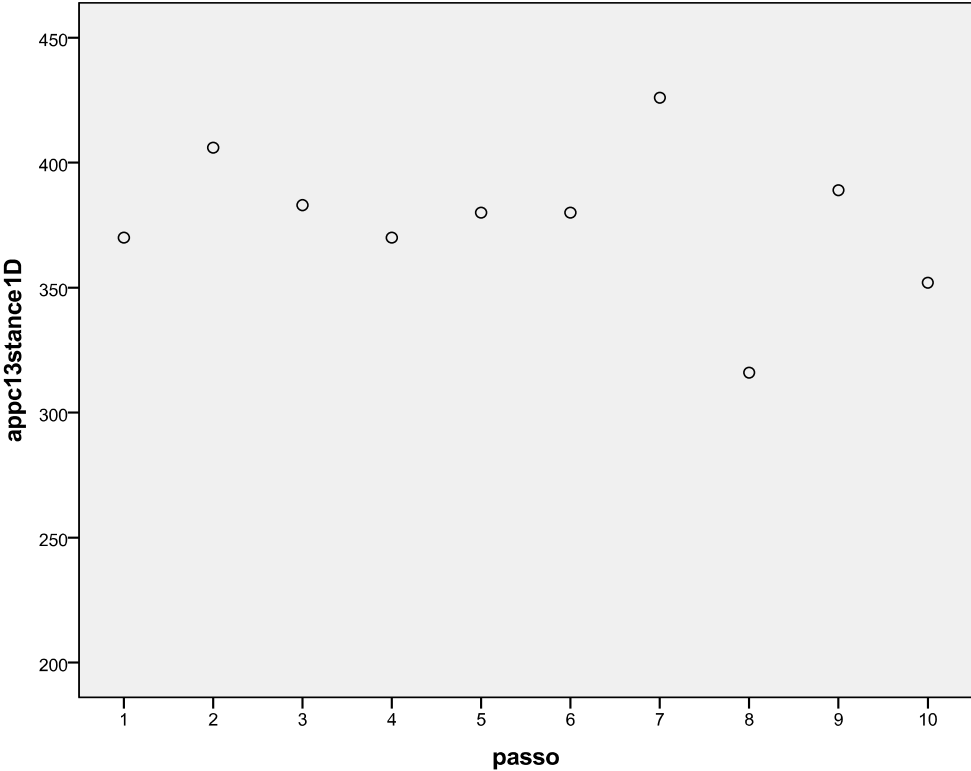
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

INDIVÍDUO I - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ**Membro inferior não afectado (esquerdo)****1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

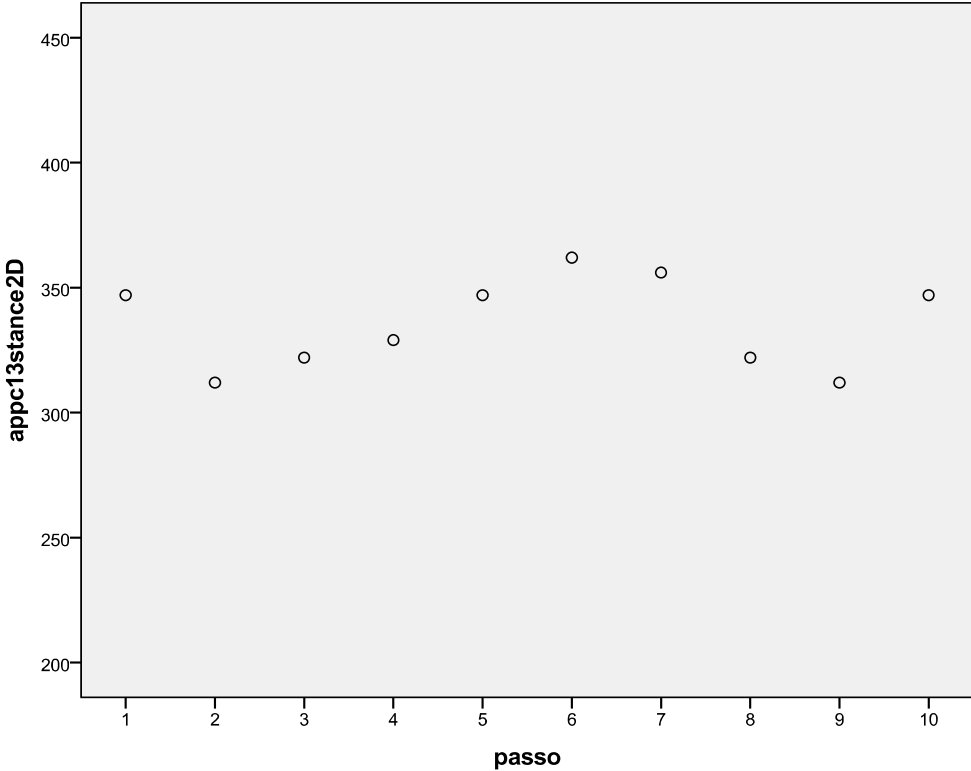
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

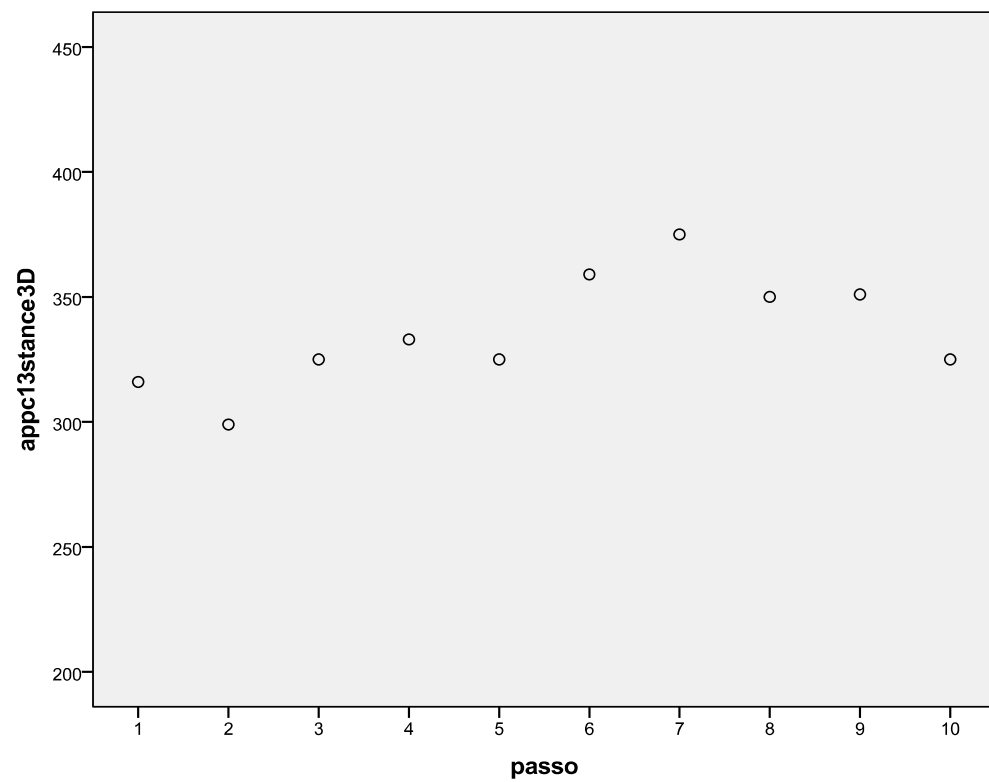
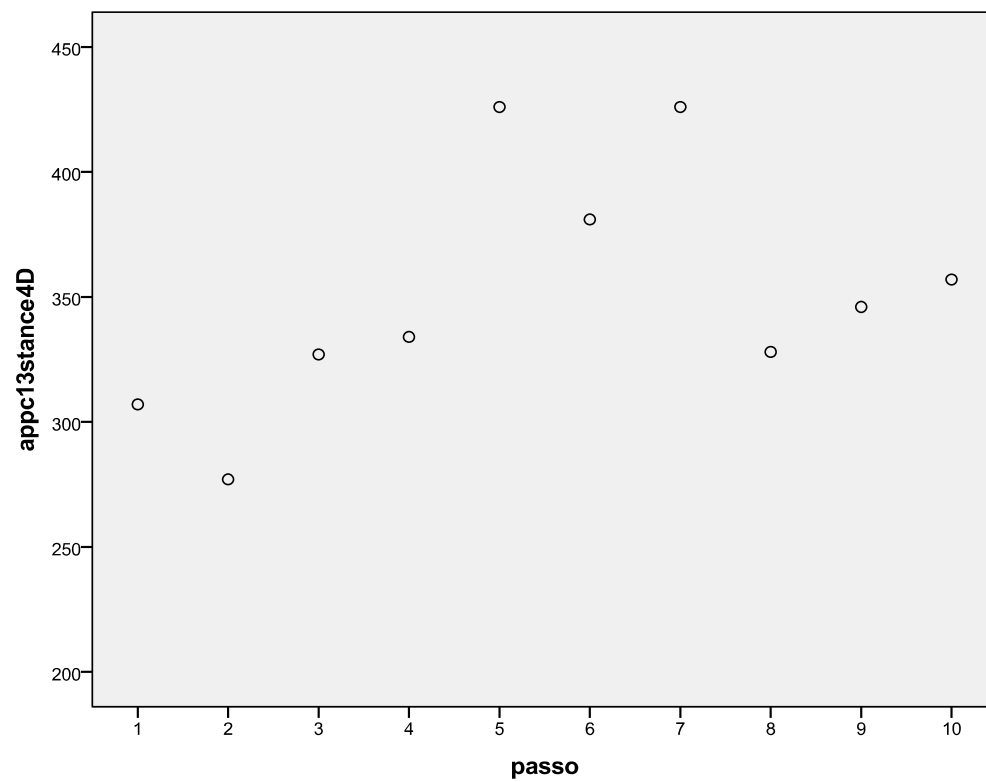
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

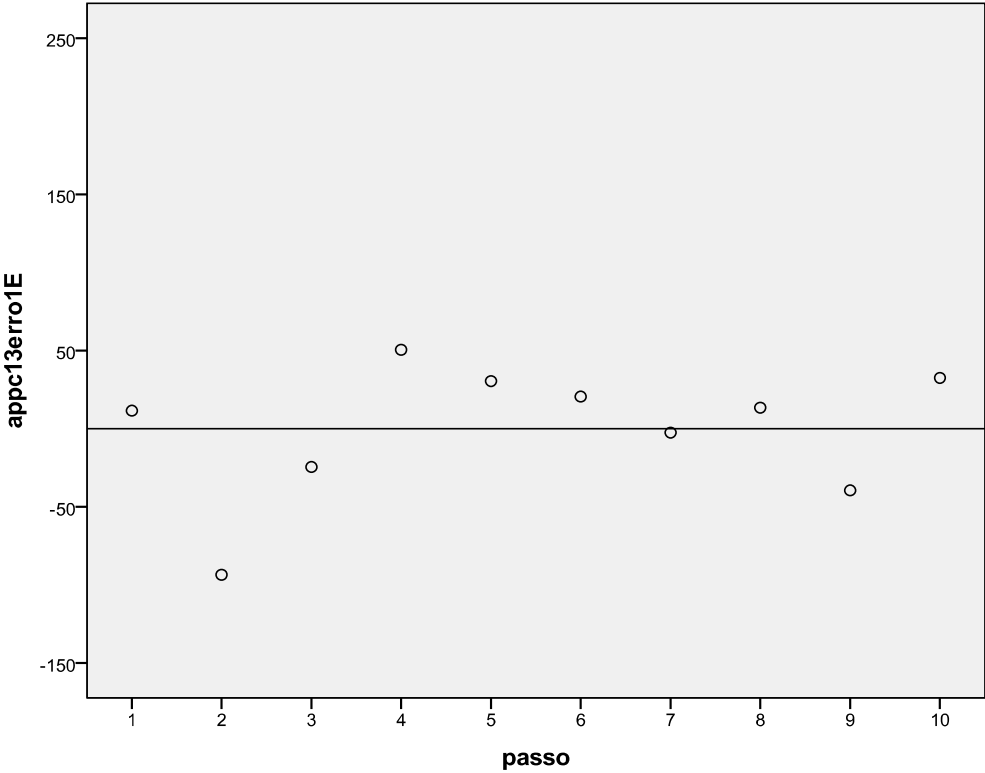


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

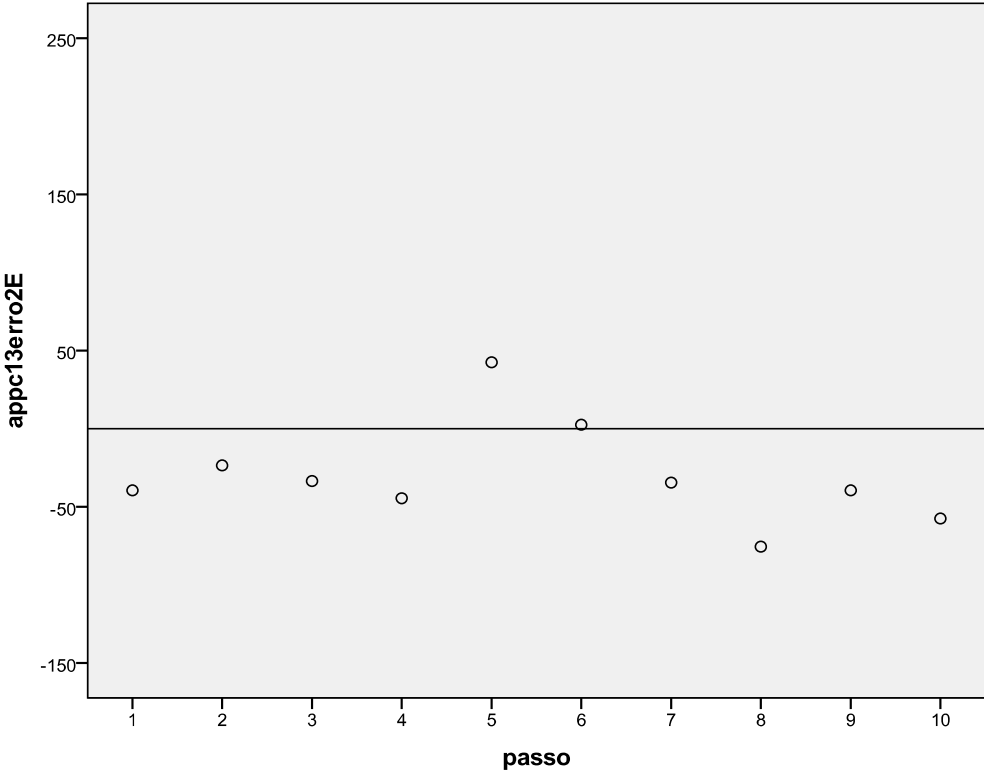
INDIVÍDUO I - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

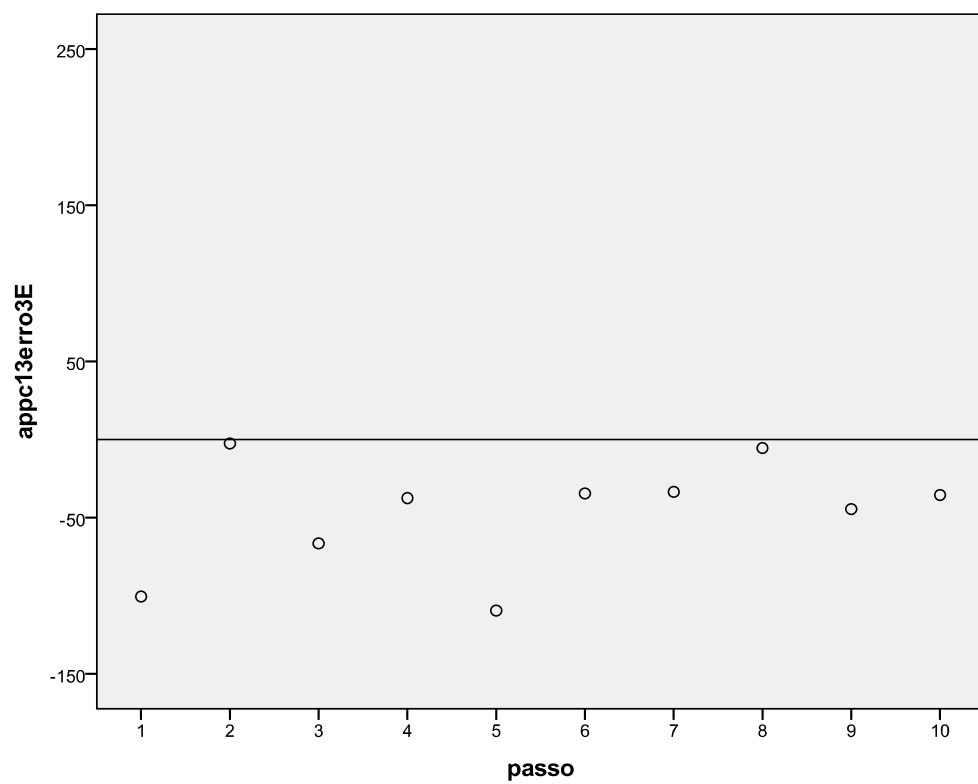
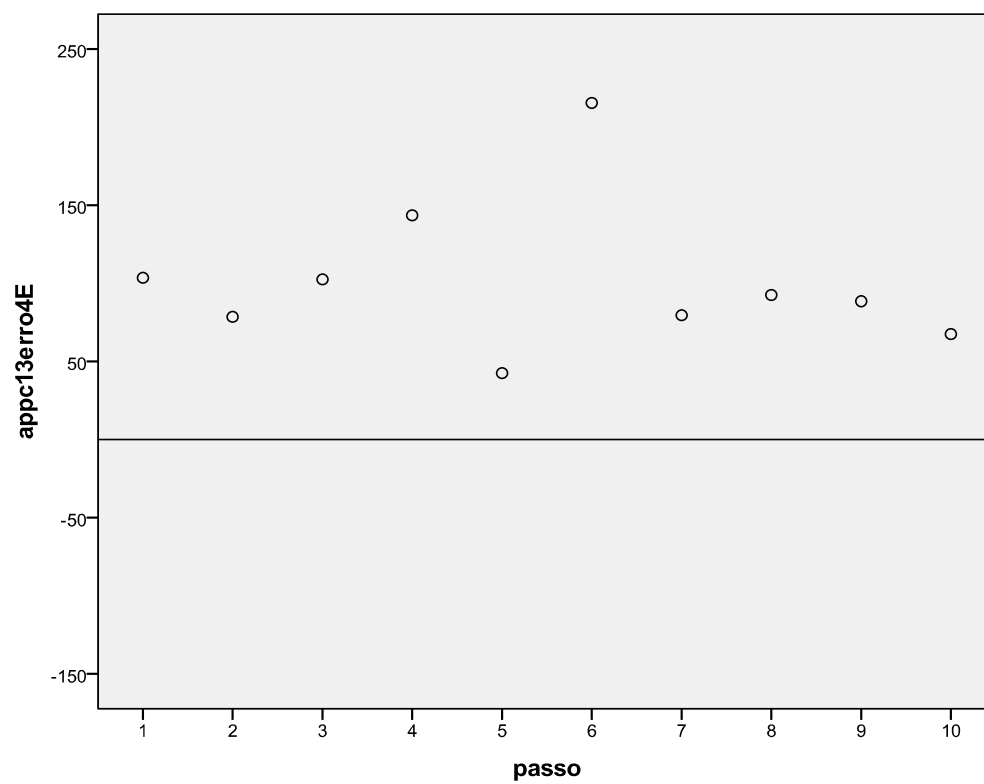
Membro inferior não afectado (esquerdo)

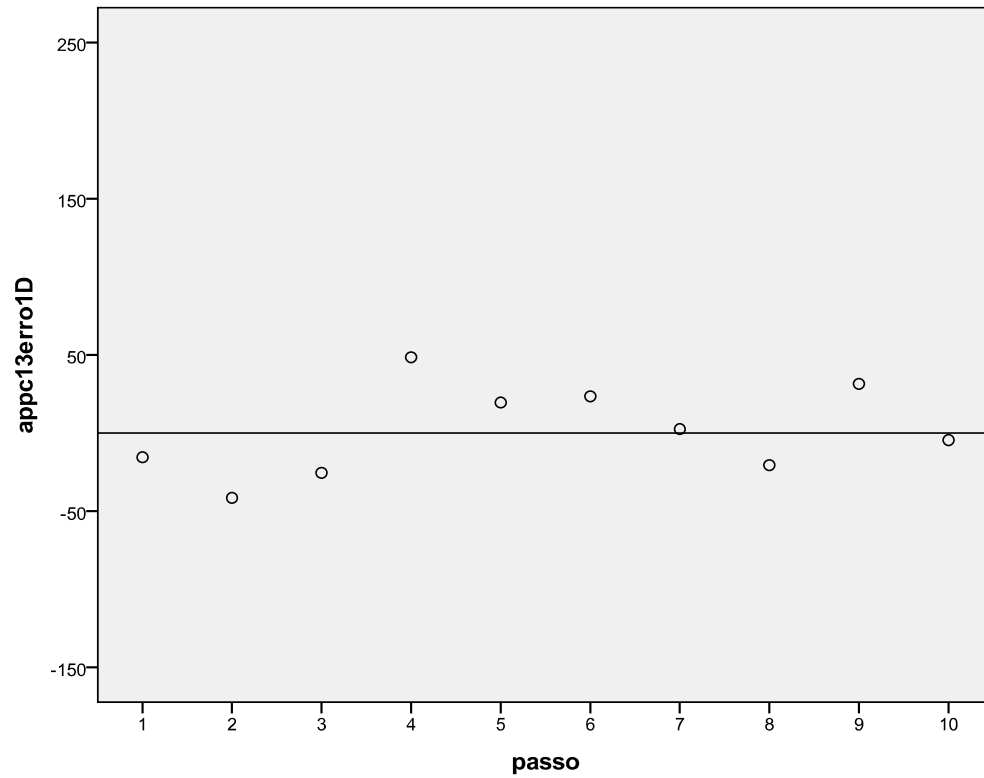
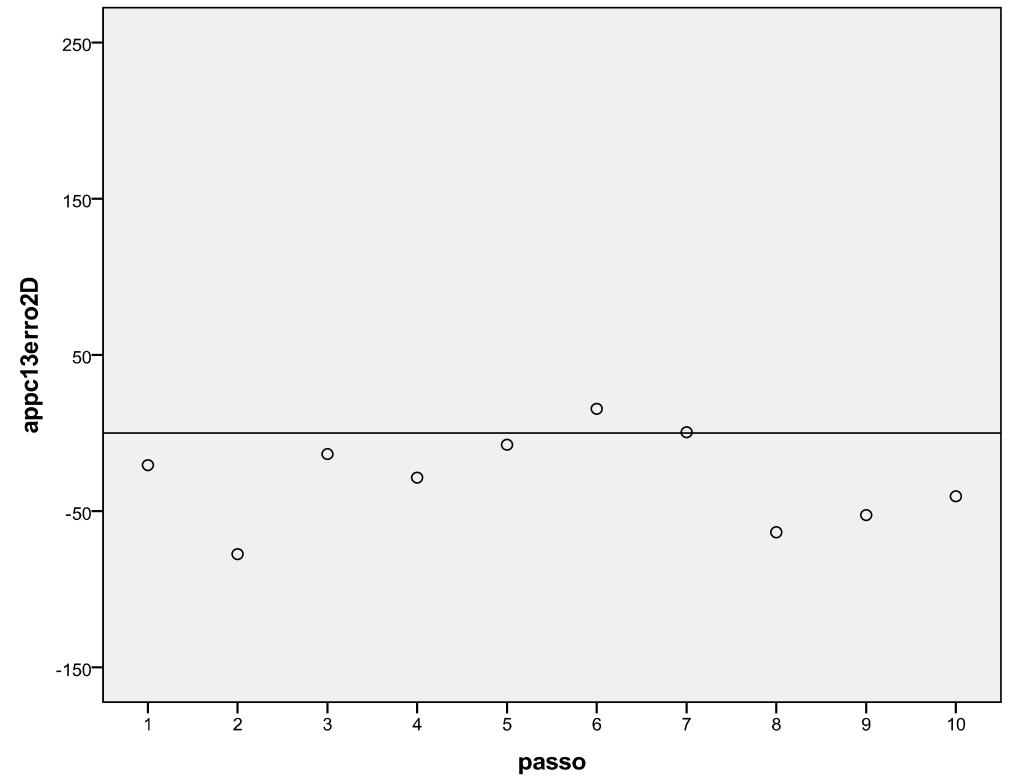
1º Momento de Avaliação

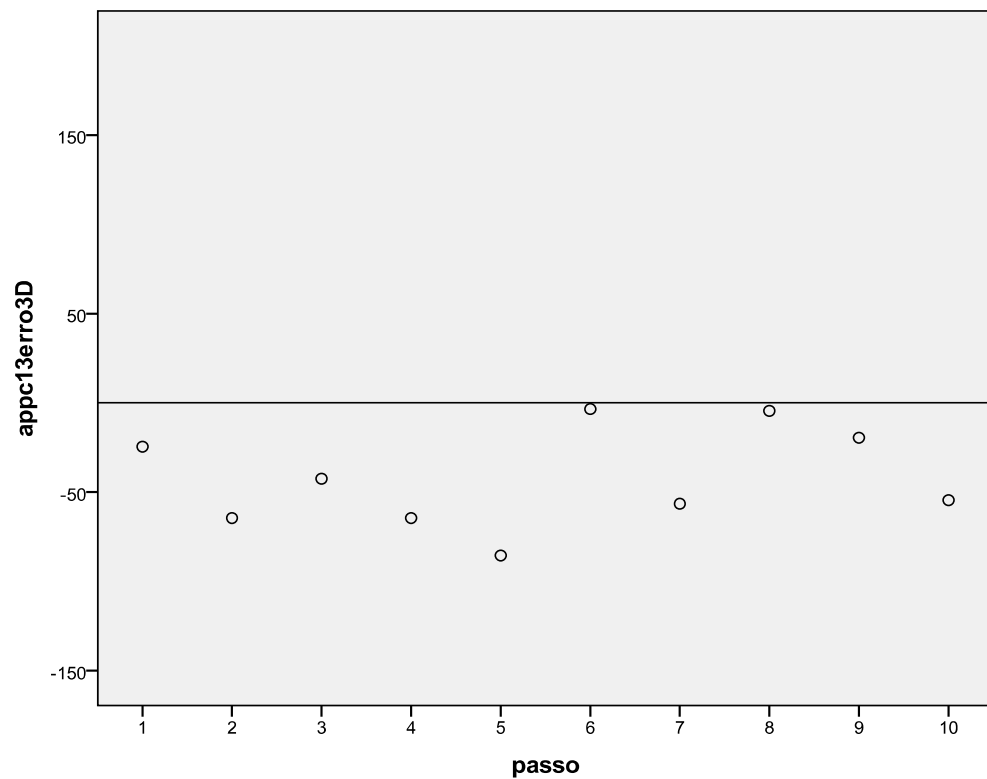
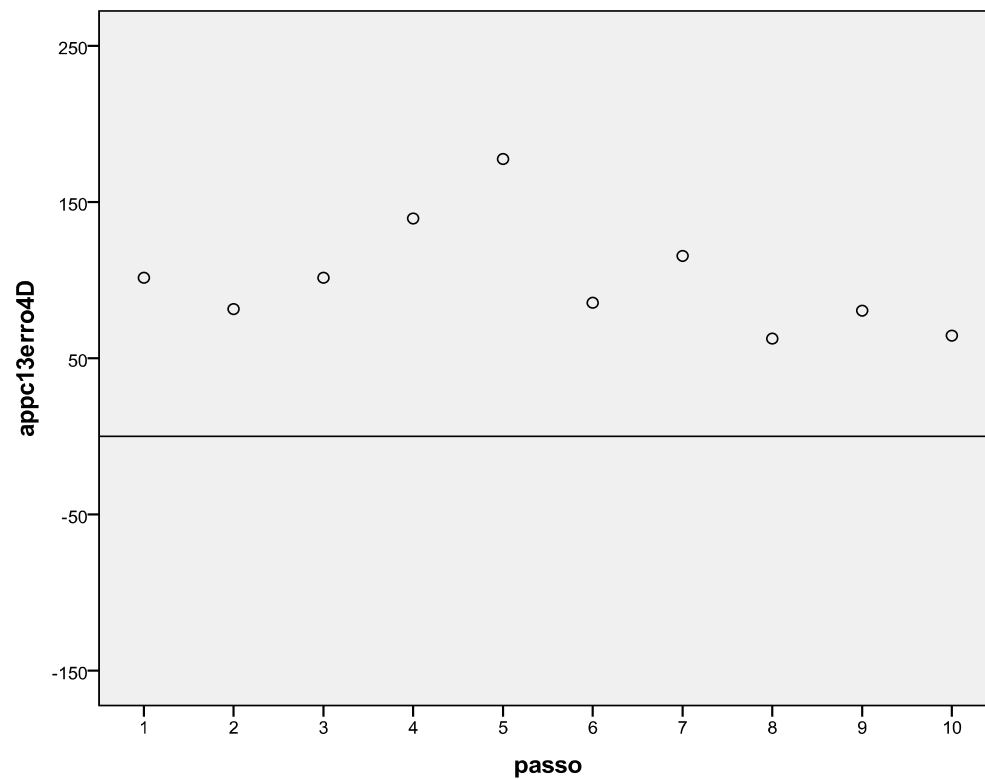


2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

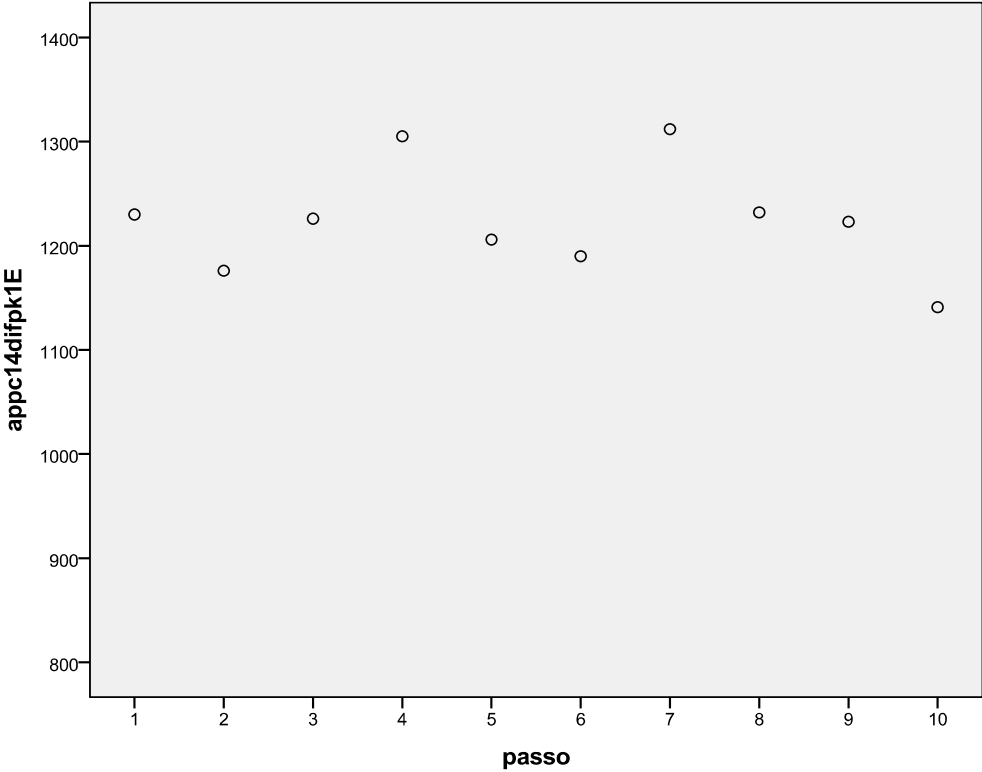
Membro inferior hemiparético (direito)**1º Momento de Avaliação****2º Momento da Avaliação**

3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

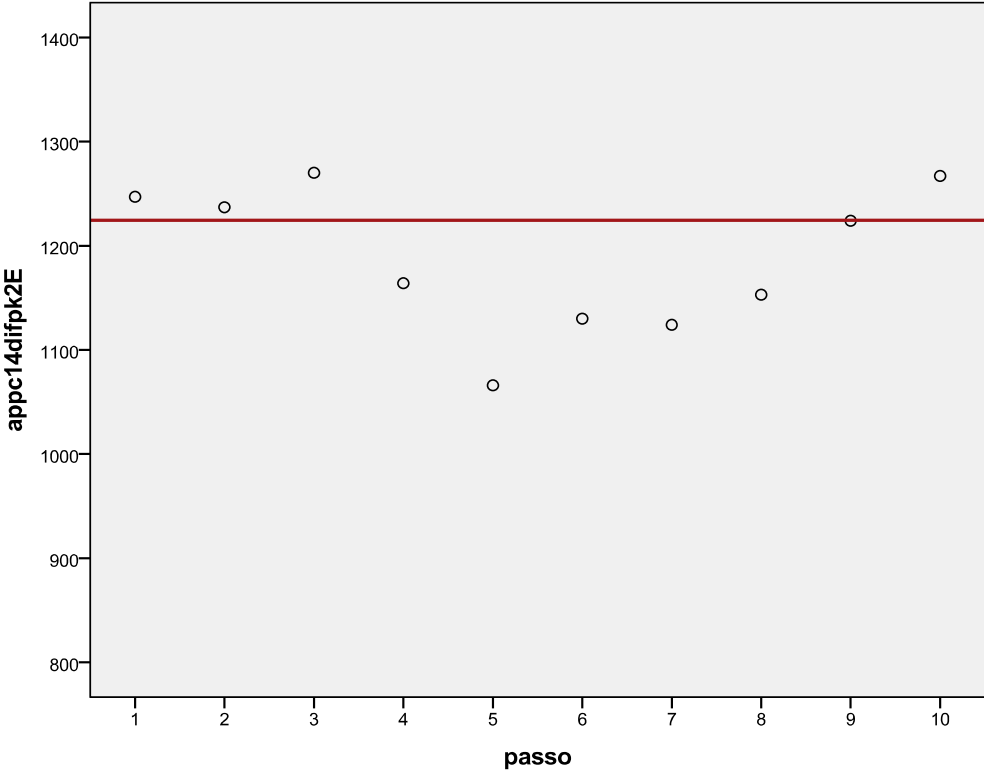
INDIVÍDUO J - DURAÇÃO DO PASSO

Membro inferior não afectado (esquerdo)

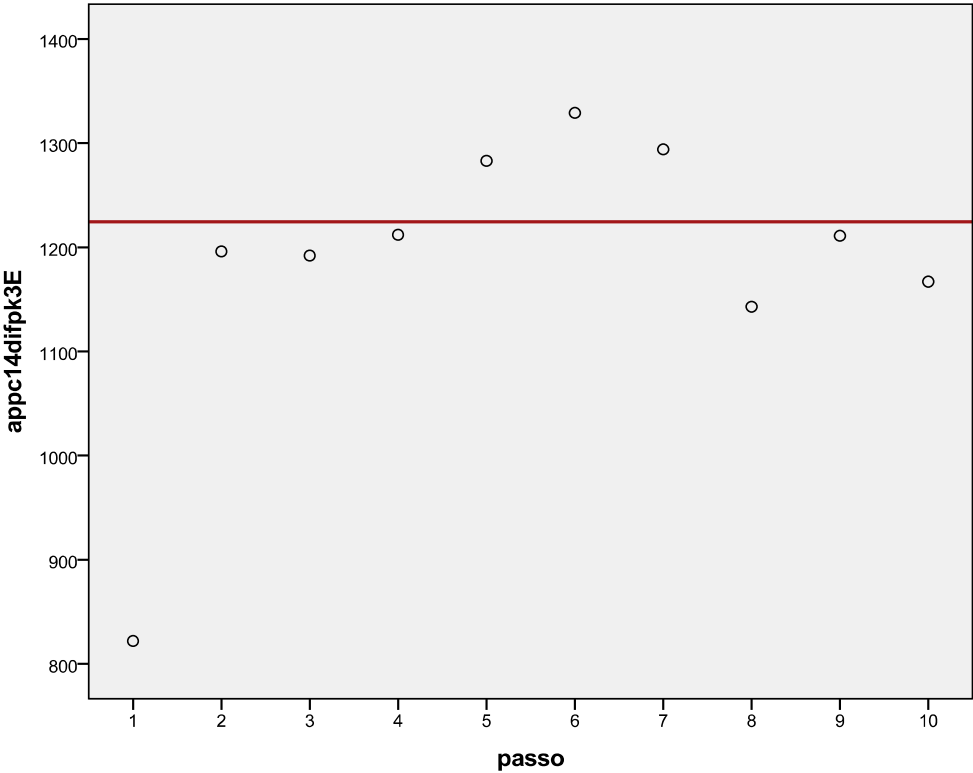
1º Momento de Avaliação



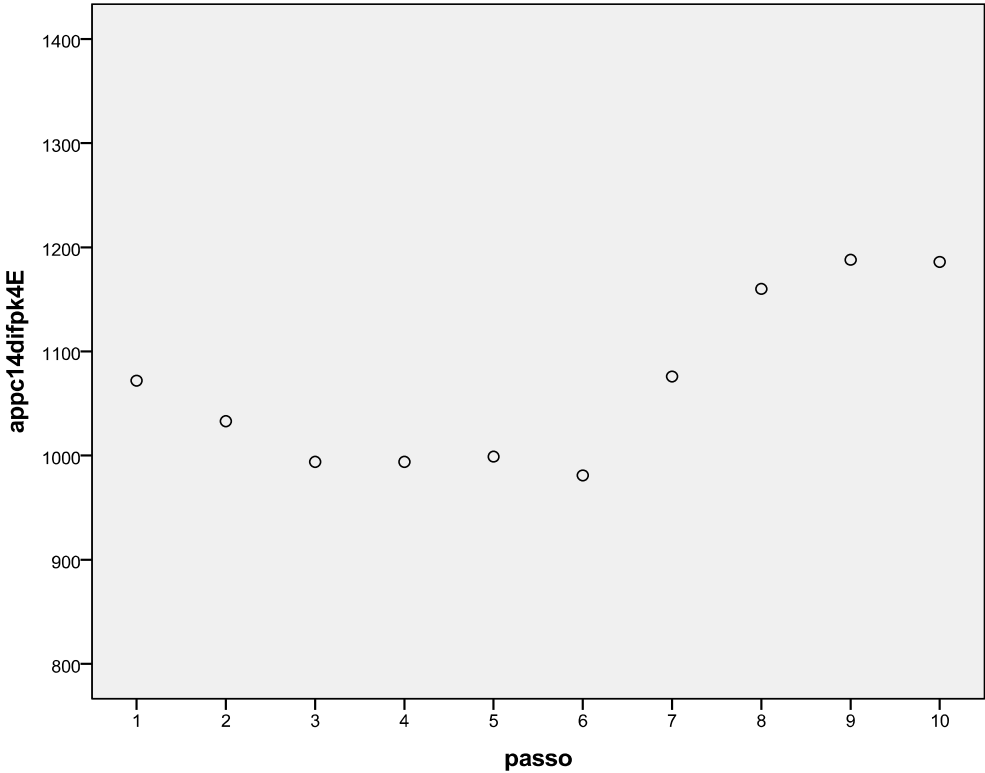
2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação

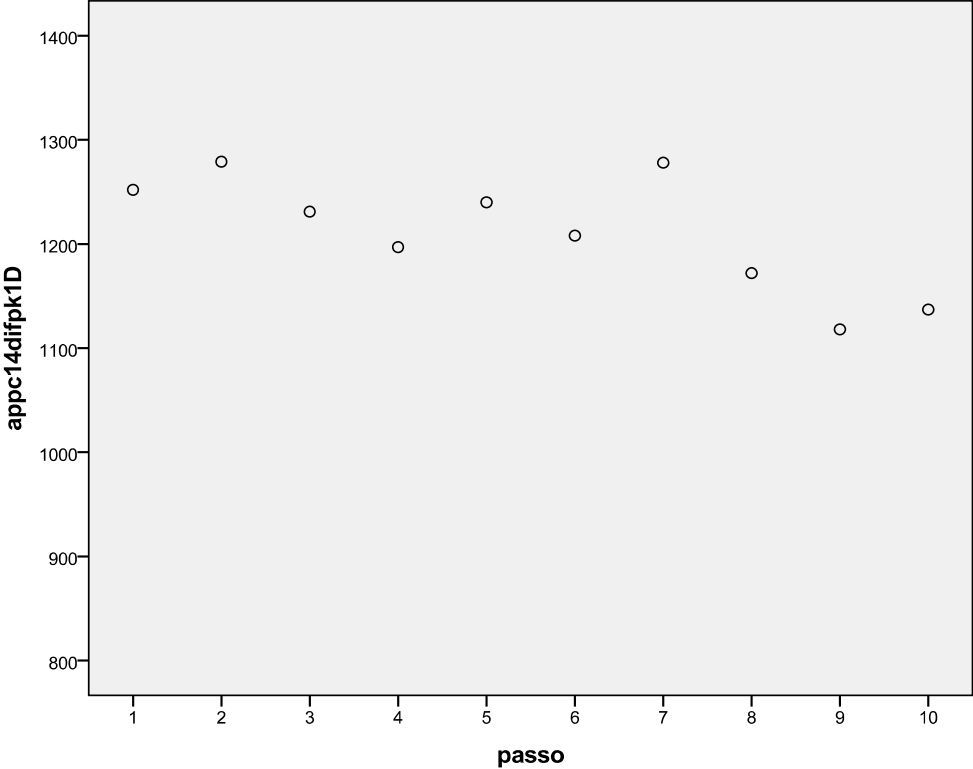


4º Momento da Avaliação

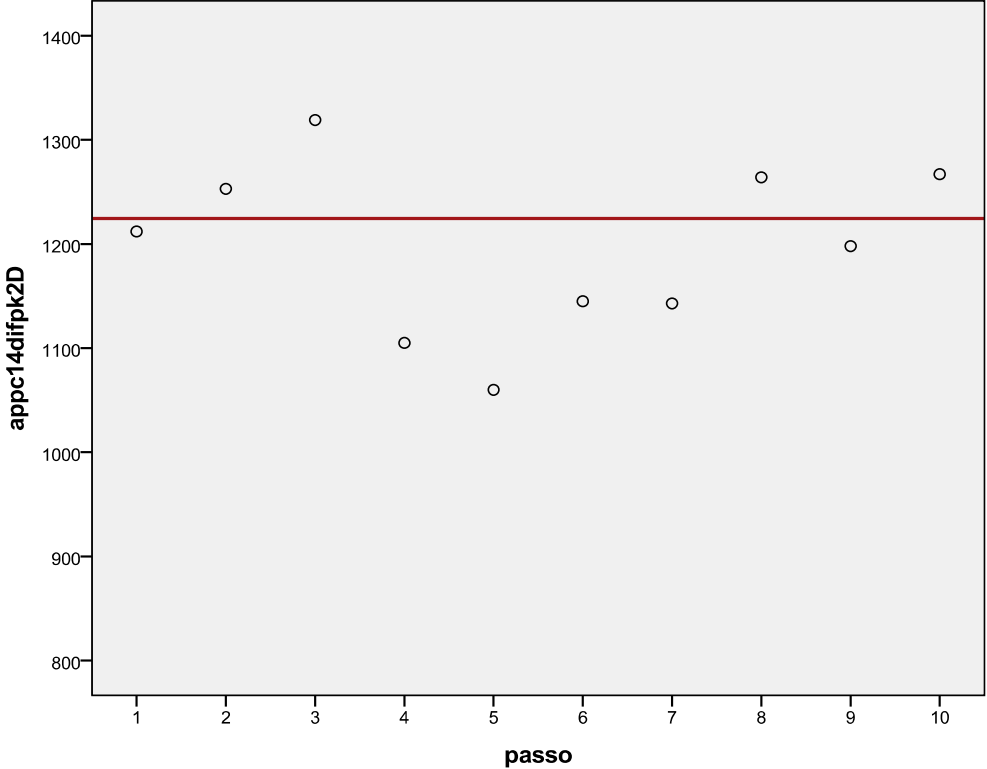


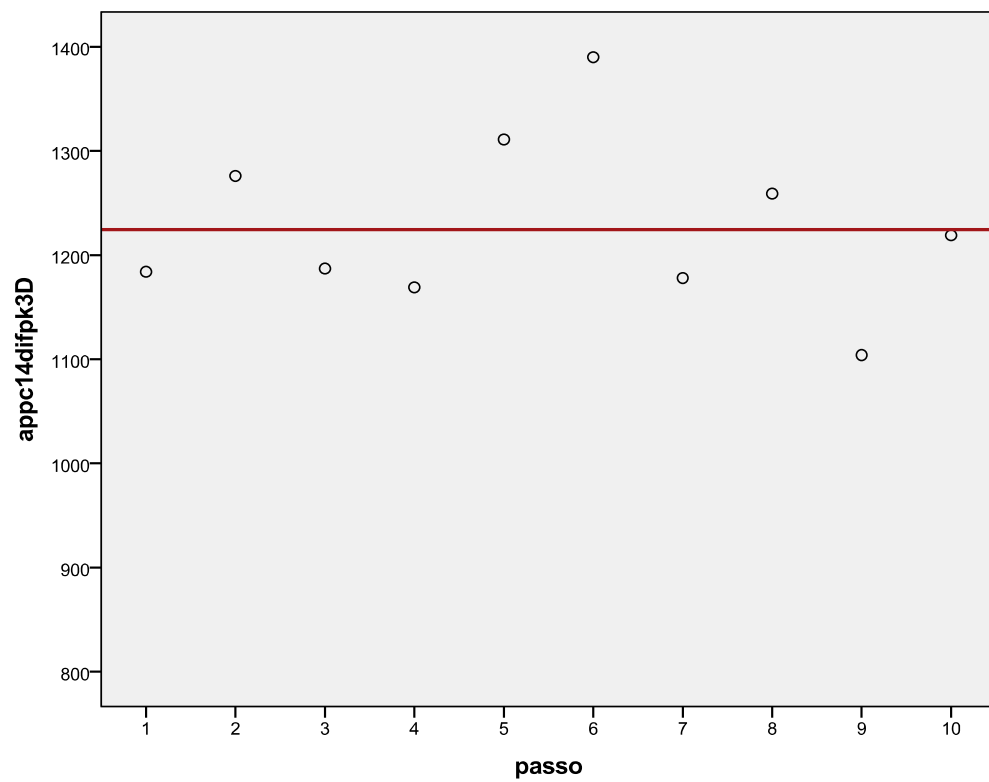
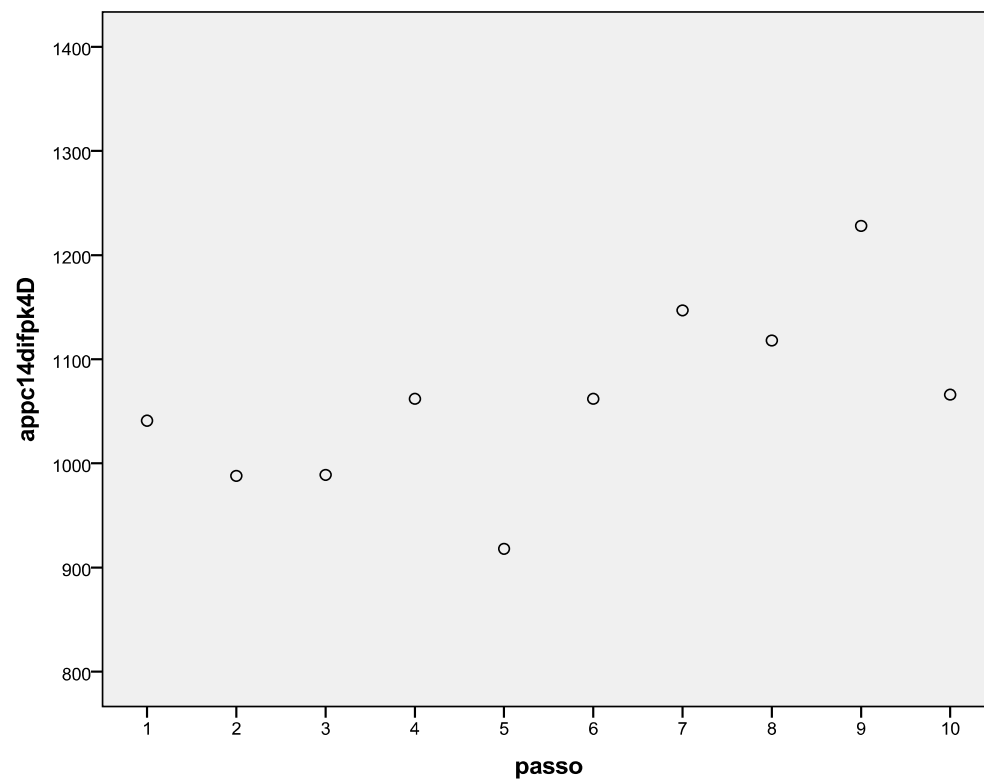
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

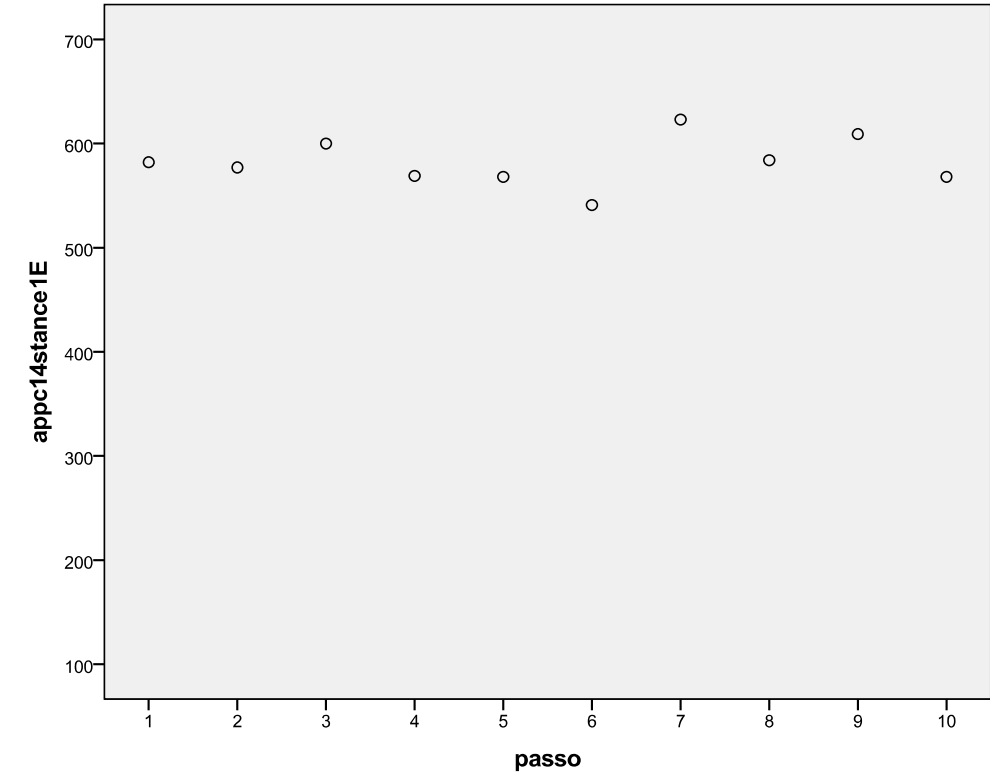


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

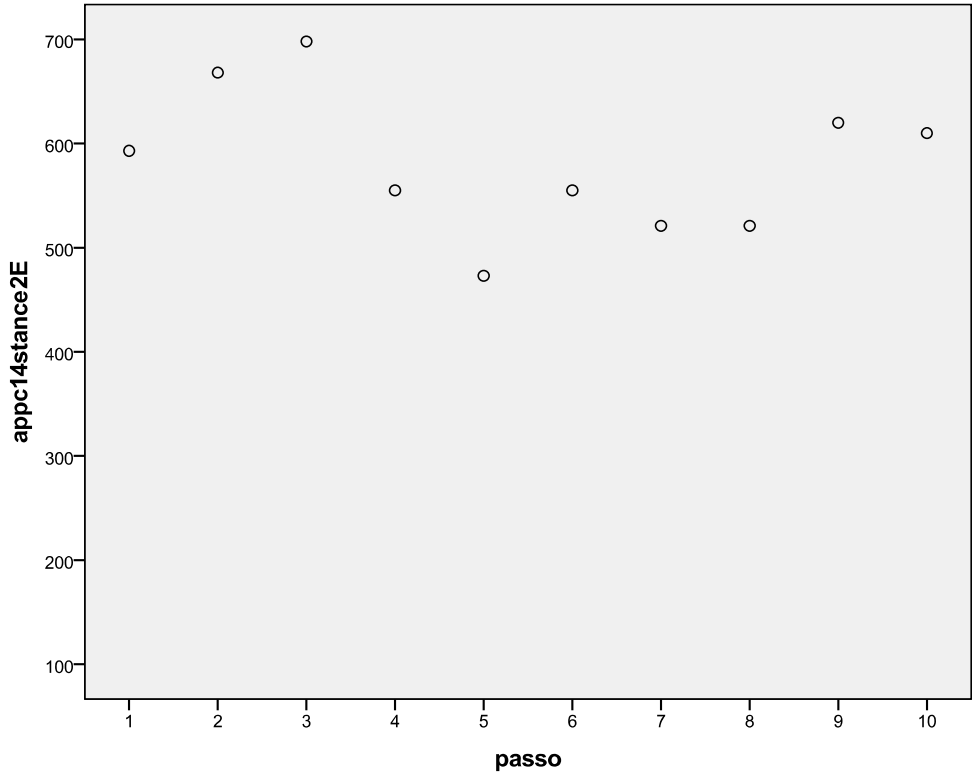
INDIVÍDUO J - FASE DE APOIO TOTAL DO PÉ

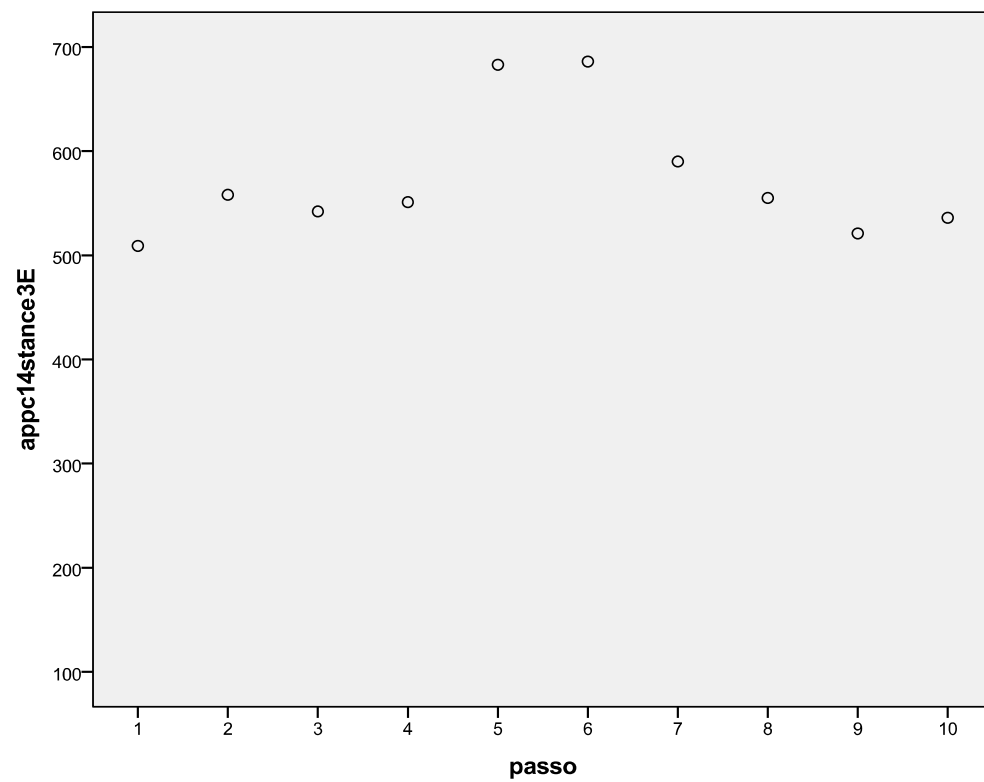
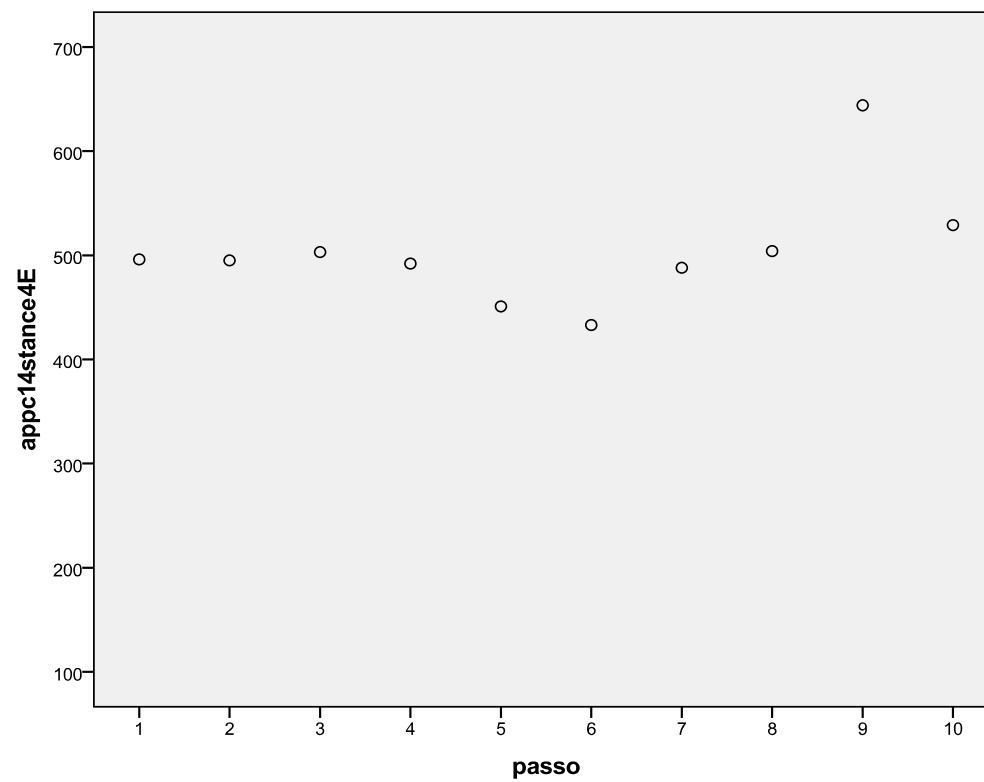
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



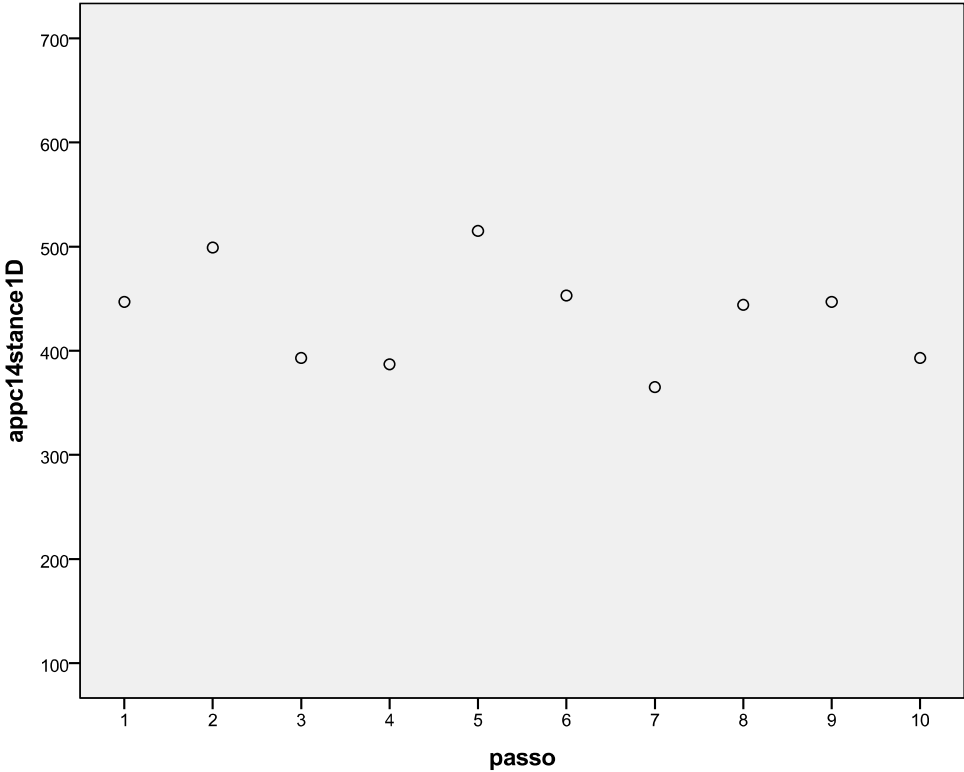
2º Momento da Avaliação



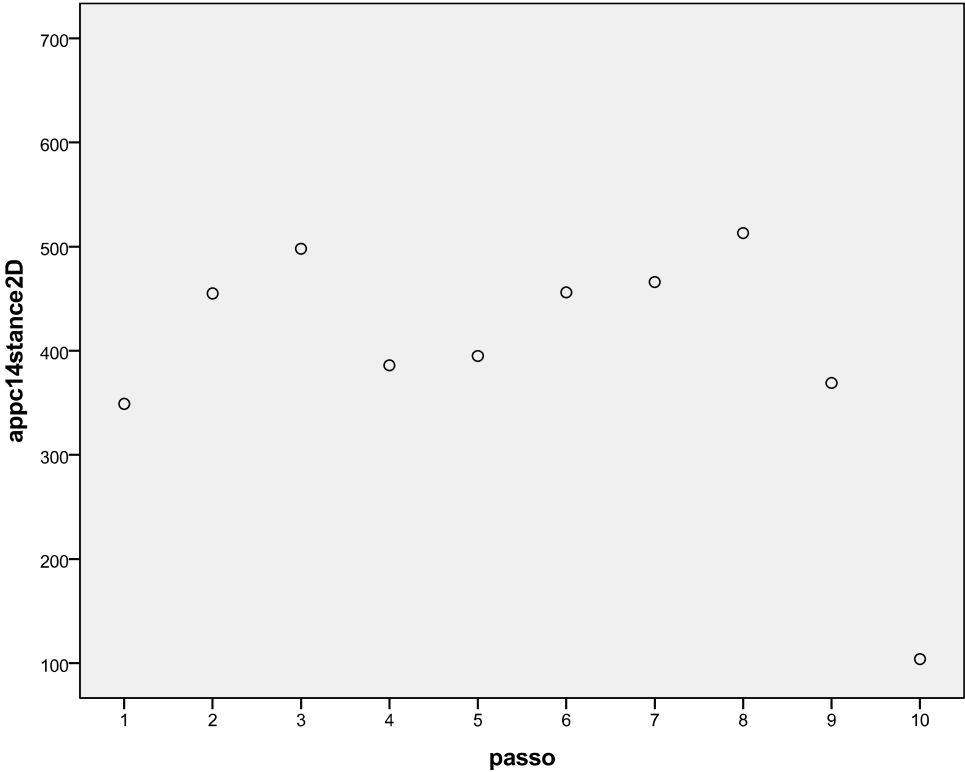
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

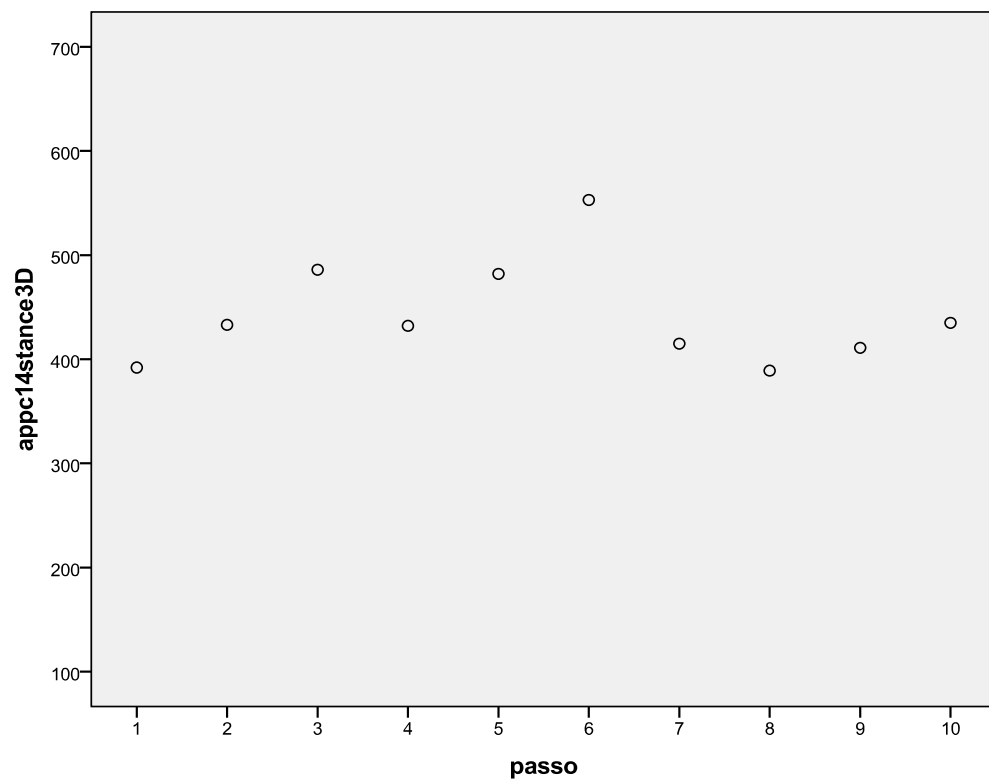
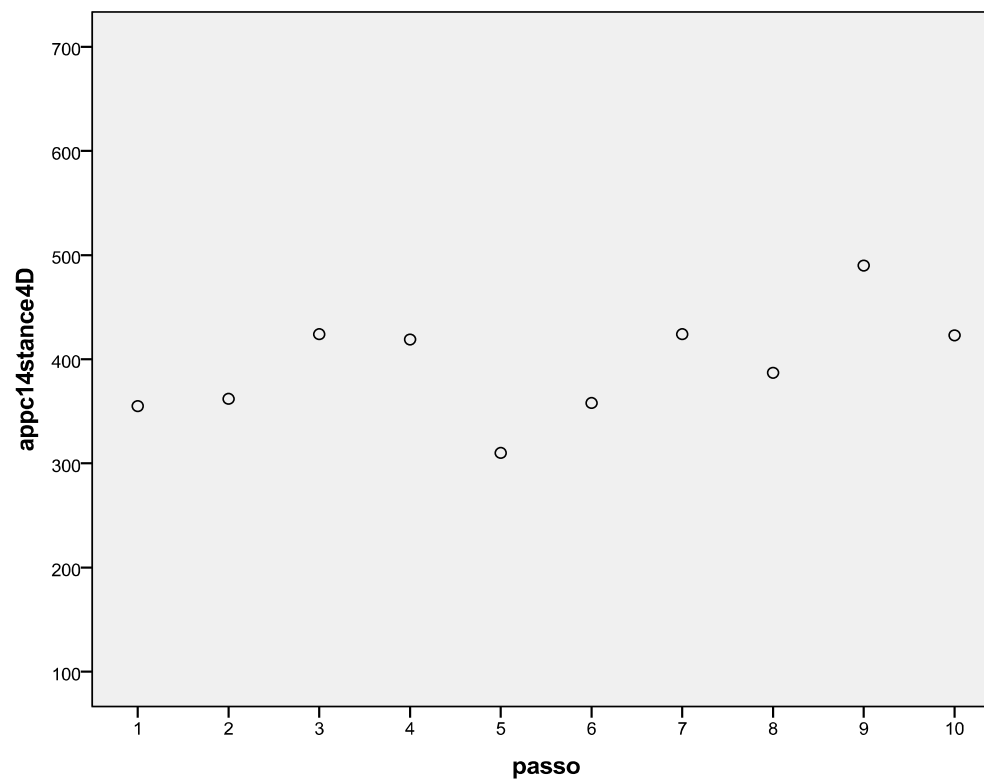
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação

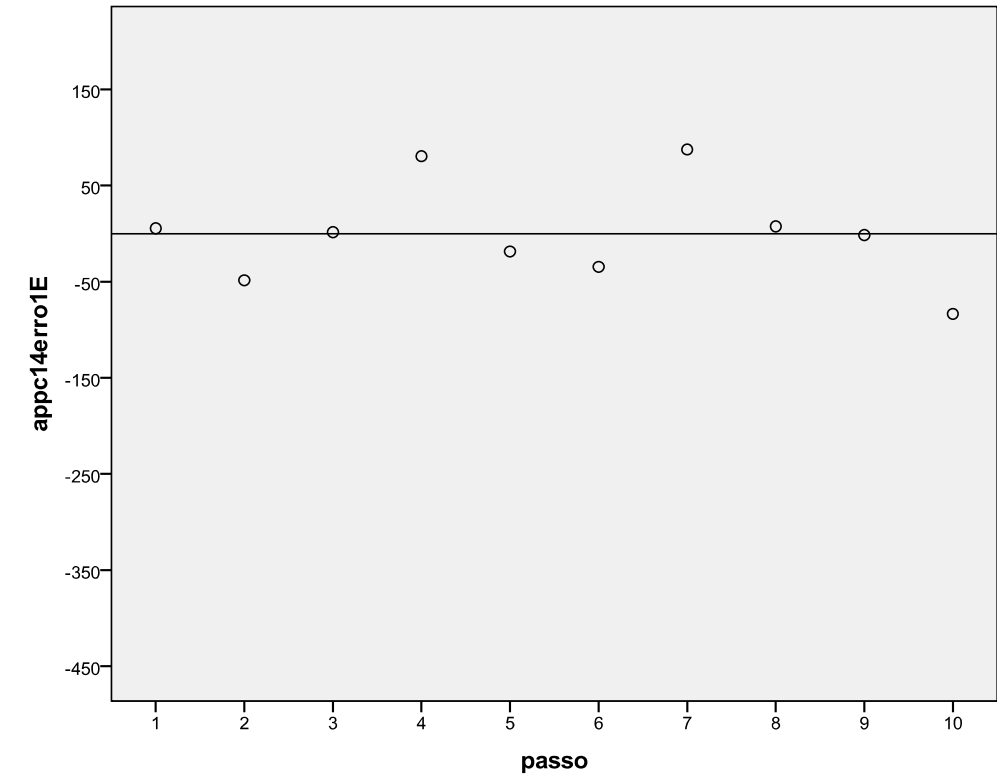


3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

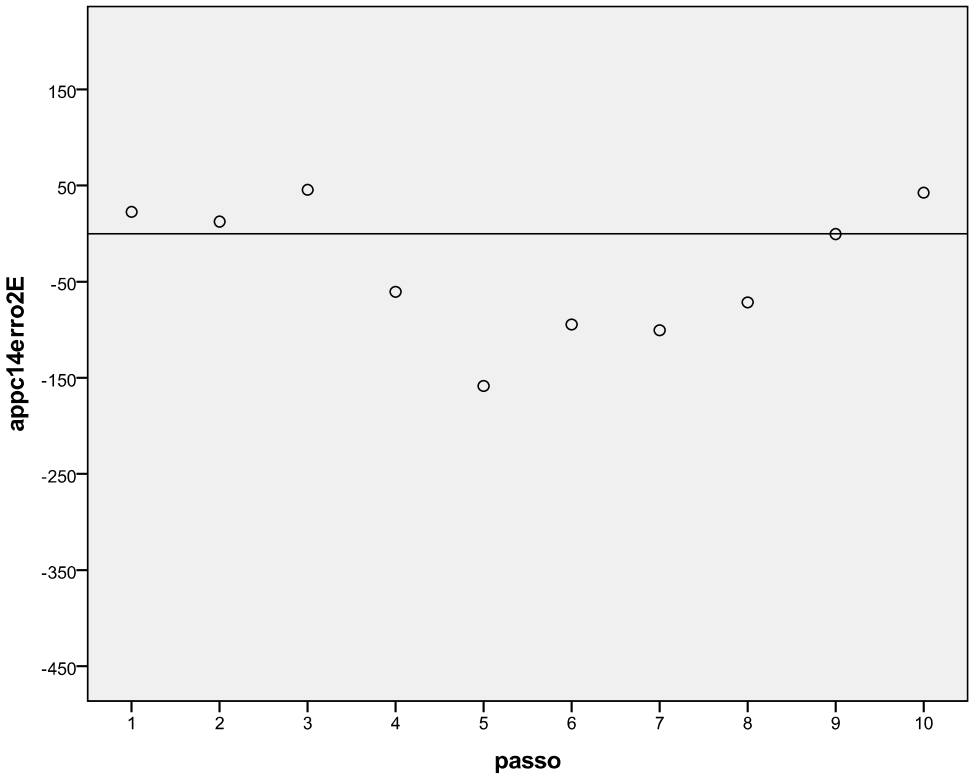
INDIVÍDUO J - MEDIDA DE ERRO EM RELAÇÃO À CADÊNCIA DO METRÓNOMO

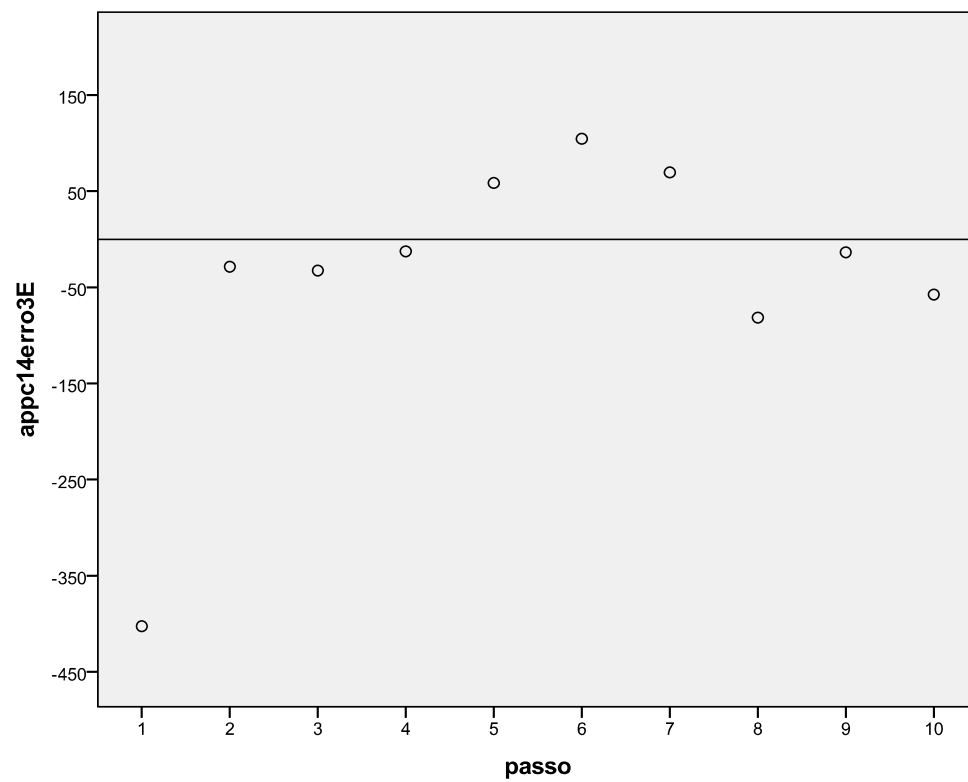
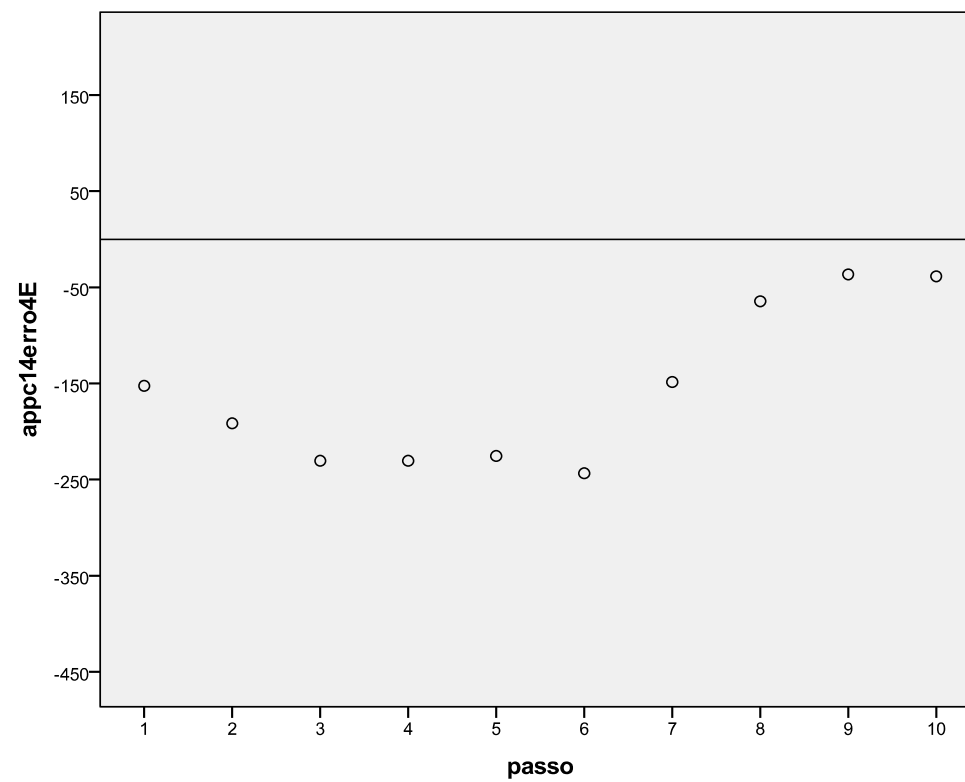
Membro inferior não afectado (esquerdo)

1º Momento de Avaliação



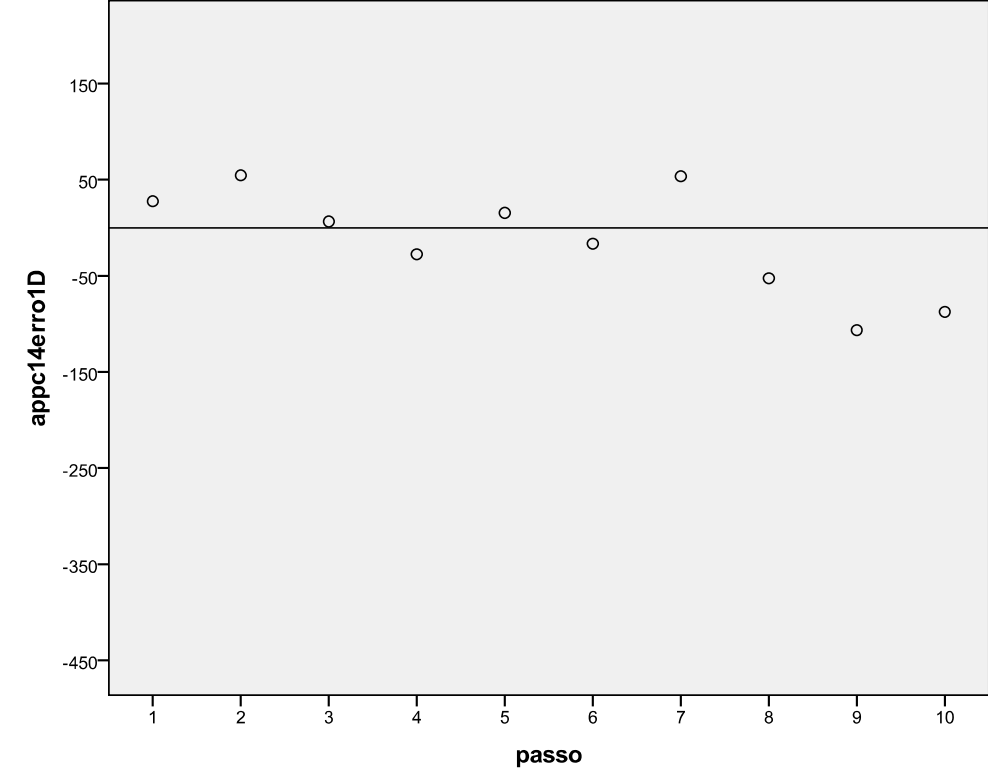
2º Momento da Avaliação



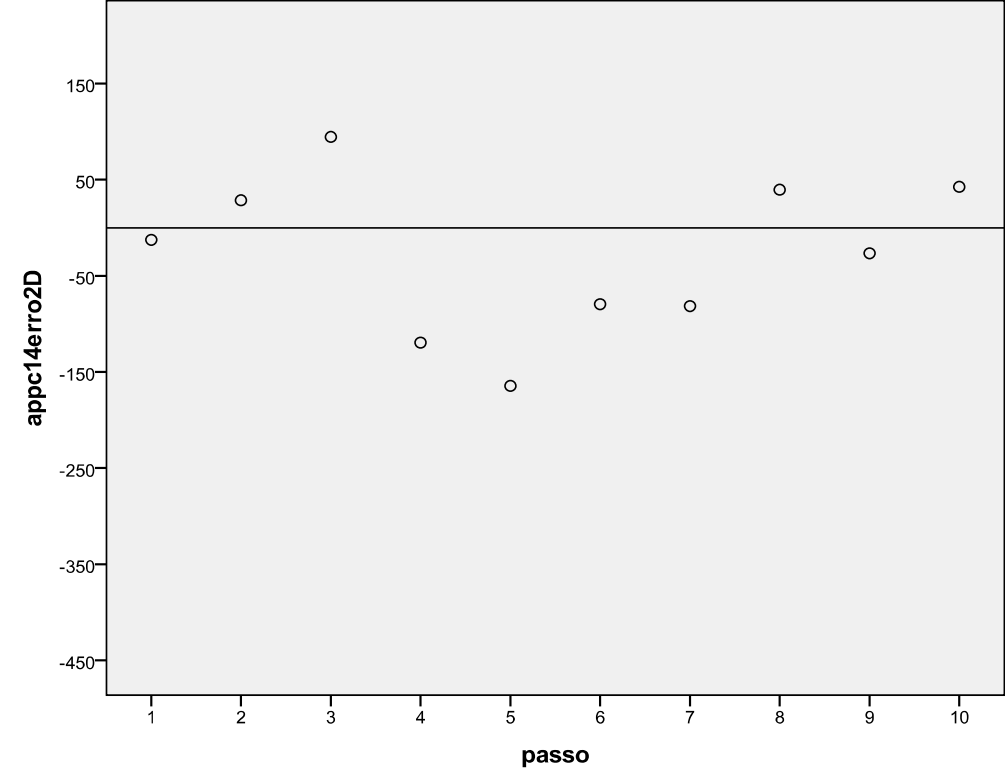
3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**

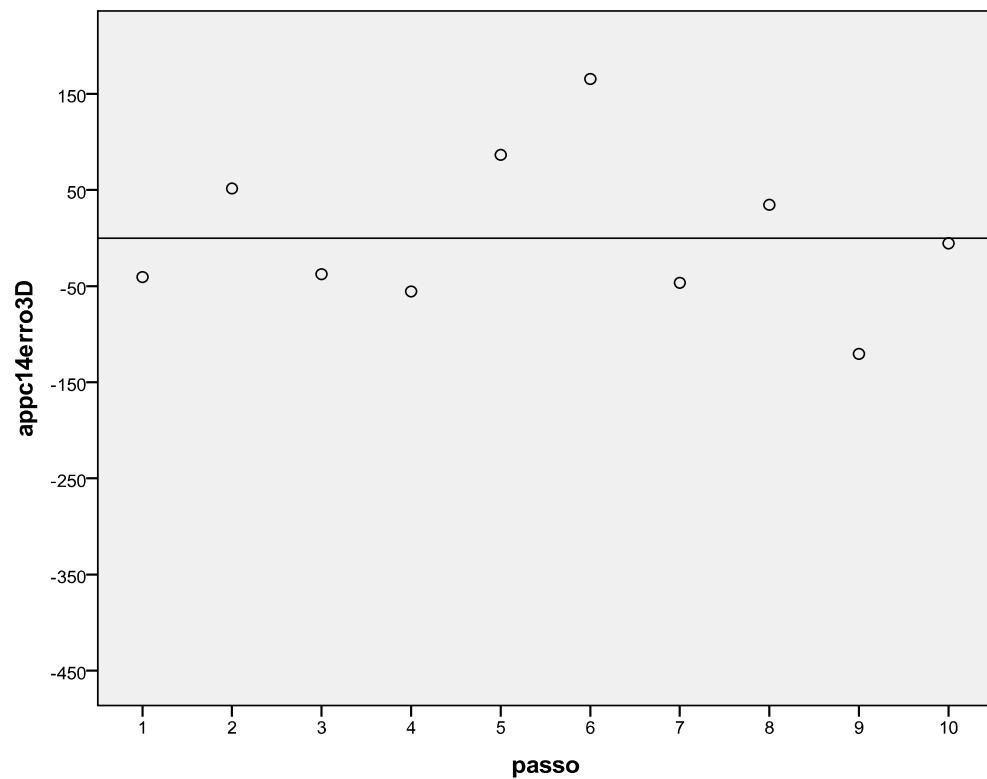
Membro inferior hemiparético (direito)

1º Momento de Avaliação



2º Momento da Avaliação



3º Momento de Avaliação**4º Momento da Avaliação**